



Changements Climatiques et dynamique des systèmes de production agricole dans le cercle de Banamba, région de Koulikoro au Mali

Baba Faradji N'Diaye

► To cite this version:

Baba Faradji N'Diaye. Changements Climatiques et dynamique des systèmes de production agricole dans le cercle de Banamba, région de Koulikoro au Mali. Sciences de l'environnement. Université des sciences sociales et de gestion de Bamako, 2015. Français. NNT : . tel-01294783

HAL Id: tel-01294783

<https://hal.science/tel-01294783>

Submitted on 29 Mar 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université des Sciences Sociales
et de Gestion de Bamako
(USSGB)



Institut Supérieur de Formation et
de Recherche Appliquée
(ISFRA)

Département des Sciences Humaines et Sociales

Thème

Changements Climatiques et dynamique des systèmes
de production agricole dans le cercle de Banamba,
région de Koulikoro au Mali

Thèse pour le doctorat en Géographie, option Environnement

Présentée par
Baba Faradji N'DIAYE

Sous la direction de
Mr Famagan Oulé KONATE, Professeur Titulaire
en Géographie humaine (Population / Environnement)

M. Samba DIALLO, Professeur, USSGB (Mali), Président

M. Famagan Oulé KONATE, Professeur Titulaire, USSGB (Mali), Directeur de Thèse

M. Aldiouma Boubou SY, Maître de Conférences, Université Gaston Berger (Sénégal), Rapporteur

M. Ibrahima SONGORE, Maître de Conférences, ISFRA (Mali), Rapporteur

M. Odiaba SAMAKE, Directeur de Recherche, Institut d'Economie Rurale (Mali), Examineur

Jeudi 05 février 2015

Dédicace

A ma famille pour les sacrifices consentis

Sommaire

Résumé.....	7
Introduction générale	10
Chapitre 1 : Le Cadre conceptuel de l'étude.....	27
1.1 La revue documentaire	27
1.2 La méthodologique et les limites de l'étude	68
Chapitre 2 : Le cadre physique, humain et les activités économiques du cercle de Banamba.....	85
2.1 La présentation générale du cercle de Banamba.....	85
2.2 Les principales caractéristiques des unités de production agricole du cercle de Banamba.....	111
2.3 Les sources de revenu et les dépenses des unités de production agricole.....	137
Chapitre 3 : Les perceptions des populations et les données scientifiques sur le climat et son évolution dans le cercle de Banamba	156
3.1 Les phénomènes naturels, base de la conception locale du climat par les populations du cercle de Banamba	157
3.2 Les perceptions des populations du cercle de Banamba sur les facteurs climatiques : pluie, température et vent.....	163
Chapitre 4 : Les impacts des changements climatiques sur les ressources naturelles et les stratégies de restauration développées par les paysans	189
4.1 Les impacts des changements climatiques sur les ressources pédologiques et les stratégies de restauration adoptées par les populations.....	189
4.2 Les ressources sylvicoles : utilisation, état, évolution et les stratégies d'adaptation	204
4.3 Les impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques et les stratégies d'adaptation des populations	228
4.4 Les impacts des changements climatiques sur les ressources pastorales et les stratégies d'adaptation des populations	238
Conclusion générale.....	257
Références bibliographiques	261

Acronymes

ACIA	: Artic Climate Impact Assesment
AEA / AOE	: Avenir de l'Environnement en Afrique / Africa Environment Outlook
AFD	: Agence Française pour le Développement
AVSF	: Agronome Vétérinaire Sans Frontières
CCNUCC	: Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CE	: Chef d'Exploitation
CES	: Conseil Économique et Social
CFC	: Chlorofluorocarbures
CILSS	: Comité Inter État de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CIMMYT	: Centro International de Mejoramiento de Maiz y Trigo (Centre International d'Amélioration du Maïs et du Blé)
CIPEA	: Centre International pour l'Élevage en Afrique
CIRA	: Centres Internationaux de Recherche Agricole
CIRAD	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CPS	: Cellule de Planification Statistique
CSA	: Commissariat à la Sécurité Alimentaire
CSLP	: Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté
DNCN	: Direction Nationale de la Conservation de la Nature
DNE	: Direction Nationale de l'Élevage
DNEF	: Direction Nationale des Eaux et Forêts
DNHE	: Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Énergie
DNSI	: Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique
EAF	: Exploitation Agricole Familiale
EDS	: Enquête Démographique et de Santé
EMEP	: Enquête Malienne d'Évaluation de la Pauvreté
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FCFA	: Franc de la Communauté Financière Africaine
FIDA	: Fonds International pour le Développement Agricole
FIT	: Front Intertropical

FSA	: Farming System Analysis (Analyse des Systèmes de Production)
FSAR	: Farming Systems Adaptative Research (Recherche adaptative sur les systèmes de production)
FSBDA	: Farming System Base-line Data Analysis (Analyse des données de base des systèmes de production)
FSCR	: Farming System Component Research (Recherche sur les composantes des systèmes de production)
FSR	: Farming Systems Research (Recherche sur les systèmes de production)
FSRAD	: Farming Systems Research and Agricultural (Recherche sur les systèmes de production et développement agricole)
GIEC / IPCC	: Groupement Intergouvernemental sur l'Étude du Changement Climatique / Intergovernmental Panel of Climate Change
GITPA	/ : Groupe International de Travail pour les Peuples Autochtones / International
IWGIA	Work Group for Indigenous Affairs
GPS	: Global Positionning System / Guidage Par Satellite / système de géolocalisation
GRN	: Gestion des Ressources Naturelles
GTP	: Géosystème Territoire Paysage
ICCARE	: Identification et Conséquences d'une variabilité du Climat en AfRique de l'ouest et centrale non sahélienne
ICRISAT	: International Crops Research Institut for the Semi-Arid Tropics (Centre International de Recherches sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-Arides)
IER	: Institut d'Économie Rurale
IITA	: International Institute of Tropical Agriculture (Institut International pour l'Agriculture Tropicale)
LOA	: Loi d'Orientation Agricole
MAEP	: Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche
MDR	: Ministère du Développement Rural
MEA	: Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement
MMEE	: Ministère des mines, de l'énergie et de l'eau
NFSD	: New Farming System Development (développement de nouveaux systèmes de production)
NFSD	: New Farming Systems Development (Développement de nouveaux systèmes de production)

OCDE	: Organisation de Coopération et de Développement Économiques
ODHD	: Observatoire du Développement Humain Durable
ODR	: Opération de Développement Rural
OEF	: Observatoire de l'Emploi et de la Formation
OFCOR	: On-Farm Client-Oriented Research (la recherche en milieu paysan orientée vers le client)
OFR / FSP	: On-Farm Research with Farming System Perspective (la recherche en milieu paysan dans une perspective systémique)
OHVN	: Office de la Haute Vallée du Niger
OMBEVI	: Office Malien du Bétail et de la Viande
OMC	: Organisation Mondiale sur le Commerce
OMM	: Organisation Météorologique Mondiale
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ON	: Office du Niger
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
ONU	: Organisation des Nations Unies
OPA	: Organisations Professionnelles Agricoles
OPAM	: Office des Produits Agricoles du Mali
ORSTOM	: Office pour la Recherche Scientifique des Territoires d'Outre-Mer (actuel IRD)
PAM	: Programme Alimentaire Mondial
PASAOP	: Programme d'Appui aux Services Agricoles et aux Organisations de Producteurs
PIRL	: Projet d'Inventaires de Ressources Ligneuses
PIRT	: Projet d'Inventaires de Ressources Terrestres
PMA	: Pays les Moins Avancés
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
PPMV	: Parties Par Million de Volumes. 0,000 1%
PPTV	: Parties par Trillion de Volumes. 0,000000000 1%
PRG	: Pouvoir de Réchauffement Global
RPGH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SAP	: Service d'Alerte Précoce
SLACAER	: Service Local d'Appui Conseil de l'Aménagement et de l'Équipement Rural
SNRA	: Système National de Recherche Agricole
TDRL	: Taxe de Développement Régional et Local

TVA	: Taxe sur la Valeur Ajoutée
UBT	: Unité Bétail Tropical
UEMOA	: Union Économique et Monétaire Ouest Africain
UPA	: Unité de Production Agricole
UPA	: Unité de Production Agricole
USAID	: Agence Américaine pour le Développement International
ZCIT	: Zone de Convergence Intertropicale

Résumé

Cette étude porte sur les changements climatiques et la dynamique des systèmes de production agricole dans le cercle de Banamba (Mali). Les exploitations agricoles du cercle de Banamba ont été caractérisées, les perceptions des populations du cercle sur le climat et les ressources naturelles analysées et les stratégies d'adaptation développées par les populations identifiées.

Les résultats montrent qu'au cours des quatre dernières décennies, le climat a beaucoup évolué au niveau du cercle de Banamba. Les manifestations de ce changement sont essentiellement :

- une baisse des quantités de pluies : la pluviométrie est passée de 1173 mm en 1951 à 499 mm en 2002, soit une baisse pluviométrique de 57,5 % ;
- une réduction de la durée de la saison pluvieuse et une diminution du nombre de jours pluvieux : entre 1990 et 2010, le nombre de jours pluvieux est passé de 54 à 43 jours soit une réduction de 20 % ;
- une tendance à l'augmentation des unités sans végétation notamment les champs de cultures et les jachères au dépend des formations végétales : entre 1972 et 2006, les galeries forestières, régressent chaque année à un taux de moyen de 10,7 % contre une progression de 12,7 % pour les zones de culture.

Les populations ont une bonne connaissance de leur climat. Les savoirs locaux pour la prédiction du climat se fondent sur l'interprétation des signes observés dans le ciel (nuages, arc-en-ciel, etc.), sur certaines espèces végétales et animales, etc. Par ailleurs, elles perçoivent parfaitement les changements intervenus dans le climat et adoptent des stratégies pour faire face à ces effets néfastes. Entre autres stratégies d'adaptation adoptées par les populations, on peut citer l'utilisation des ordures ménagères, les associations culturelles, la réalisation de cordons pierreux, l'avancée des dates de semis, la gestion discriminatoire du fumier. La diversification des stratégies développées par les populations du cercle de Banamba sont les signes manifestes des transformations sociales, économiques et culturelles qu'elles traversent.

Mots-clés : Changement climatique, exploitation agricole, systèmes de production agricole, perception, adaptation, ressources naturelles, Banamba.

Remerciements

Tout travail individuel nécessite en amont l'inscription dans un réseau de relations tissées avant et durant les années de recherches et dont la confiance constitue une source de motivation permanente. Ainsi, adresser des remerciements n'est pas seulement une nécessité, c'est un devoir vis-à-vis de l'ensemble des personnes que nous avons eu le privilège de côtoyer durant ces années de thèse. Et c'est avec un réel plaisir que nous exécutons cette tâche. Il serait plus sage d'adresser nommément ces remerciements, mais le nombre important des contributeurs est plutôt dissuasif. Qu'il nous soit permis ici de leur exprimer du fond du cœur nos remerciements et notre profonde gratitude à toutes ces personnes et/ou institutions pour leur inestimable contribution, tout en m'excusant auprès de toutes celles dont le nom n'a pu figurer dans ces lignes.

Notre profonde gratitude va d'abord à notre directeur de thèse, le Professeur Famagan Oulé KONATE, qui nous a fait confiance et qui, en dépit de ses multiples responsabilités a accepté de diriger ce travail. Nous ne saurons trouver les mots justes pour lui exprimer toute notre gratitude, mais qu'il trouve, dans ces quelques lignes, la marque de notre respect et l'expression de notre admiration. Sa patience, sa disponibilité et ses conseils nous ont permis de vivre une expérience stimulante, enrichie par son expertise et sa rigueur scientifiques qui influenceront longtemps nos projets professionnels.

Nos remerciements à notre école doctorale (l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA) et à son personnel enseignant et administratif. Nous sommes particulièrement reconnaissants envers le Programme de Formation des Formateurs (PFF) pour sa contributions au financement de cette thèse.

Ma très chère épouse Fatoumata KONATE et mes enfants pour avoir accepté tous les sacrifices et les désagréments que nous leur avons imposés pendant toute la durée de cette thèse et par nos absences longues et répétées chaque année. Qu'elles reçoivent ici nos très profonds remerciements.

Mais comment oublier l'appui combien décisif de mon ami et collègue : Abdou Ballo ? Sans son implication et son action de soutien et d'encouragement, cette thèse n'aurait certainement pas pu aboutir. Merci donc à Abdou pour le temps consacré à mon initiation aux logiciels ERDAS, MAP INFO et ARCGIS. Une mention toute spéciale va également à Fousseini Cissoko pour tous les documents fournis. Dans ce même ordre d'idée, mes vifs remerciements vont à tous les professeurs du département de Géographie de la Faculté d'Histoire et de Géographie (FHG) pour les fructueux échanges tenus dans la très petite salle « *Yeelen* ». Petite par la taille, mais Ô combien grande par les idées qui y naquirent.

La réalisation de ce travail n'a été possible qu'en exploitant des données d'enquêtes socioéconomiques, réalisées au sein des exploitations agricoles du cercle de Banamba. Je souhaite que Fankelé DIARRA, enquêteur, trouve ici l'assurance de toute ma reconnaissance. Toutefois, c'est surtout aux chefs de village et aux communautés des villages de Bababougou, Diouladiassa, Fanale, Samakele, Tioribougou, Bougouba, Djenedje marka, Kawerla, M'pakarla, Toubacoura, Barsafe, Guegouan, Madina sacko, Ouoro, Tienkoroba, Bouala, Maribougou Fittobe, Niare, Sikoro, Toubacoro qui m'ont accueilli et hébergé, sans ménager leur temps et leurs efforts, que je suis le plus redevable. Ce travail porte la marque de la reconnaissance qui leur est due.

Introduction générale

Le changement climatique, encore appelé réchauffement global, est un phénomène d'augmentation des températures moyennes des océans et de l'atmosphère au niveau planétaire. Les résultats d'évaluations scientifiques aussi bien régionales que mondiales du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat¹ (GIEC dans la suite du texte) confirment que le climat de la terre est en train de changer. Ce changement serait du au réchauffement climatique, que les scientifiques lient à l'émission de gaz à effet de serre, conséquence des activités de l'homme (GIEC, 2007).

Ses caractéristiques et conséquences sont multiples et difficiles à cerner tant à l'échelle régionale que planétaire. La modification de la température, des précipitations et d'autres variables du climat, pourrait se traduire par des changements mondiaux dans l'humidité du sol, par une élévation du niveau moyen de la mer et par la perspective d'épisodes plus graves de fortes chaleurs, d'inondations, de sécheresses. Au sahel, plusieurs études² estiment une évolution des isohyètes vers le sud. Selon ces études, la distance parcourue par les isohyètes dans le sens Nord-Sud est de 200 à 300 km pour l'isohyète 100 mm, 100 à 150 km pour l'isohyète 500 mm et 100 km pour 1000 mm. Il s'en suit une dégradation des ressources naturelles et une fragilisation des systèmes de production. La destruction du couvert végétal, la surexploitation des terres agricoles et l'abandon ou la réduction de la durée des jachères ont conduit à la dégradation des sols, à la baisse des rendements agricoles et à l'insécurité alimentaire (KONATE F., 2008).

La certitude quasi unanime en ce qui concerne le changement climatique ne doit pas occulter le fait qu'à contre courant des conclusions du GIEC, il existe un deuxième courant de scientifiques qualifiés de "climato-sceptiques"³. Pour eux, les températures actuelles et le

¹ Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) ou Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) est une organisation qui a été mise en place en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale et par le Programme pour l'Environnement des Nations Unies, à la demande du G7 (groupe des 7 pays les plus riches : USA, Japon, Allemagne, France, Grande Bretagne, Canada, Italie). (Source : Jean-Marc Jancovici - <http://www.manicore.com/>)

² Nous faisons allusion aux études de Servat E., 1994 ; Servat et al., 1999 ; Le Borgne J., 1990.

³ Il s'agit de scientifiques qui sont sceptiques sur le réchauffement climatique c'est-à-dire sceptiques sur la réalité d'un réchauffement climatique exceptionnel, son origine humaine ou sur le fait qu'il ait des conséquences négatives.

réchauffement climatique des 150 dernières années ne sont ni exceptionnels ni exceptionnellement rapides (BACH J-F. et DERCOURT J., 2009). La plupart d'entre eux reste prudent et parlent plutôt de probabilité et de vraisemblance. Toutefois, parmi les « climato-sceptiques », certains traversent le Rubicon en qualifiant la médiatisation actuelle autour du climat de farce, de mythe et « d'escroquerie » (Planète Société, 2007) ou « d'imposture » (ALLEGRE C., 2010) à des fins politiques et économiques.

Sans tomber dans le suivisme, la question fondamentale, qui se pose, est pourtant de savoir qui suivre ? Qui croire ? Faut-il se laisser convaincre par les études qui soutiennent que 97 % des climatologues sont convaincus que notre climat change et que les humains modifient la température globale (DORAN P. et ZIMMERMAN M., 2009 ; ANDEREGG W. et al., 2010) ? Ou être sceptique comme Richard S. Lindzen (2008), parce que la science du climat a perdu son objectivité scientifique, parce qu'elle est au service de la politique ? Une troisième attitude est de faire la politique de l'autruche et de refuser de voir le problème en face. En d'autres termes, préférer l'inertie à l'action. Mais à cet égard, les spécialistes de la question ne préviennent-ils pas que la seule certitude que nous ayons aujourd'hui, c'est qu'attendre passivement est une mauvaise stratégie ? (MAGNAN A. B. et al., 2009).

Une chose est sûre : du point de vue scientifique, les changements climatiques, tels que soutenus par les scientifiques du GIEC, se caractérisent par l'incertitude de ses modèles. Il ressort du rapport *Arctic Climate Impact Assessment*⁴ que quelques soient la sophistication et la complexité de ces modèles, les synthèses et les évaluations ne peuvent offrir que des scénarios « probables » pour le futur (ACIA, 2005). Les incertitudes scientifiques et les controverses (FRANÇOIS A. et TAABNI M., 2012), en ce qui concerne les changements climatiques, peuvent également être dues à la grande échelle à laquelle les spécialistes recueillent leurs données, en l'occurrence l'échelle planétaire. Alors que celle-ci n'est pas une échelle de travail pertinente comme l'a déclaré Martine Tabeaud, professeur de géographie, à l'université Paris I Panthéon-Sorbonne, en 2009 sur le site de *Valeurs actuelles*⁵.

⁴ Le rapport est disponible à l'URL suivante <http://www.amap.no/arctic-climate-impact-assessment-acia>

⁵ Valeurs actuelles, URL : <http://www.valeursactuelles.com/dossier-dactualite/dossier-dactualite/rechauffement-climatique-ce-quon-ne-vous-dit-pas.html> consulté le 10 juillet 2012.

Les controverses entre scientifiques ne doivent-elles pas nous alerter ? Celles-ci ne sont-elles pas la preuve même que des problèmes existent. L'évidence des impacts écologiques, sociaux, culturels et économiques se manifestent scientifiquement et expérimentalement. En plus, dans beaucoup de régions le changement des cinquante dernières années est sans précédent (NUTTALL M., 2008).

Au delà des effets de modes, du scénario apocalyptique (EMMERICH R., 2012), et face au risque de « fétichisation » de cette situation de changement climatique, à l'échelle planétaire, dont les médias se font quotidiennement l'écho, n'y a-t-il pas nécessité de « redescendre sur terre » et appréhender autrement le problème. Depuis trente ans, le débat sur le changement climatique est consacré au passé, au présent et au devenir de la planète terre. Ce débat, essentiellement théorique, se tient entre scientifiques de dernière génération. Il est temps de comprendre que la préoccupation majeure accordée aux changements globaux (augmentation des températures, si tel est le cas) ne doit pas occulter le fait que, l'enjeu du développement durable se joue aussi à l'échelle locale. Dans ces conditions et par rapport au cas qui nous intéresse (le changement climatique), il est impératif de prendre une distance critique par rapport aux discussions entre scientifiques au niveau macro et de reconsidérer l'échelle de réflexion. Pour une fois laissons de côté ce que Olivier de Sardan appelle « *présupposés du développement* » et faisons une analyse à partir de l'échelle locale, une analyse qui prend en compte la « *connaissance fine des situations vécues par les acteurs sociaux de base et les moyens par lesquels ceux-ci gèrent ces situations* » (OLIVIER DE SANDAN J-P, 1995).

En se mettant dans la même logique que l'école italienne de la *microstoria*⁶ qui soutient que la rupture est constructive du savoir scientifique, faisons fi de la médiatisation à outrance et à sens unique dans la transmission du savoir en ce qui concerne la climatologie du changement. A l'instar des tenants de la *micro-histoire*, face aux jeux des structures et des institutions globales, il faut donner une signification à l'expérience des communautés à l'échelle locale et

⁶ La *microhistoire* (ou *microstoria* en italien) est un courant de recherche historiographique né en Italie, développé au début des années 1970. Elle prend une distance critique par rapport aux approches macro-sociales dominantes en histoire et en sociologie jusque dans les années 70. La *micro-historia* entend rendre à l'expérience des acteurs sociaux dans leur singularité une signification face au jeu des structures et des institutions. Refusant l'idée que l'importance d'un phénomène est proportionnelle à sa taille et les dichotomies qui en découlent (l'opposition entre la grande et la petite histoire, le local/le national, le bas/le haut), les auteurs de ce courant partent de la question : que se passe-t-il quand on change la focale de l'objectif, qu'on grossit l'objet visé ? Le pari étant de faire apparaître grâce au « souci de l'expérimentation » une autre trame, une autre organisation du social.

la prendre en compte. L'expérience la plus élémentaire, individuelle ou celle d'un groupe, est éclairante puisqu'elle permet d'analyser des phénomènes complexes de circulation, de négociation, d'appropriation, bref des processus et non des états (BORZEIX A., 2007). Elle constitue la meilleure échelle d'observation du rapport essentiel que les individus organisés en société nouent avec l'espace (DI MEO G., 1991).

Ainsi, quelques soient les incertitudes scientifiques, on peut témoigner et assurer que ce que la communauté scientifique qualifie de « changement climatique » n'est pas quelque chose qui arrivera ou non à l'avenir, mais qu'il est déjà une réalité. Dans bien de communautés, les changements climatiques ne sont pas une notion abstraite mais une réalité tout à fait concrète. Il s'agit de leur bétail, de leurs récoltes, de leur accès à la nourriture et au combustible, de la santé de leur famille, de quoi demain sera fait, et pour bon nombre d'entre elles, c'est une question de survie.

Il ne s'agit plus de douter de l'existence du changement climatique, puisque nous le vivons déjà. Attelons-nous plutôt à comprendre ce phénomène à partir des savoirs locaux plutôt qu'à partir des modèles globaux. Ceux-ci, en plus de leurs incertitudes, restent théoriques et peu accessibles pour le paysan de Banamba. En d'autres termes, le petit est-il meilleur à penser que le grand ? Le détail que l'ensemble ? Le local que le global ? L'ambition de cette étude n'est nullement d'opposer le global au local ou même de les hiérarchiser, mais de changer d'échelle, de partir du local pour comprendre les manifestations d'un problème que beaucoup qualifient de mondial.

Dans l'arène⁷ du changement climatique, plusieurs motifs amènent à reconsidérer l'échelle de travail. La première est liée aux incertitudes scientifiques en ce qui concerne le changement climatique. Pour comprendre le climat futur et ses changements, les scientifiques se réfèrent beaucoup à l'histoire du climat ancien et actuel selon le principe d'uniformitarisme (aussi appelé actualisme), cher aux géologues « le présent est la clé du passé ». Seulement pour expliquer le changement climatique, c'est le passé qui devient la clé du futur. Les analyses se basent sur des données factuelles (écrits, mesures, relevés, etc.) sur un certain nombre de

⁷ Nous empruntons ce concept à Olivier de Sardan. Le changement climatique dans son existence et dans les moyens déployés pour y faire face peut être considéré comme un lieu d'affrontement politique, économique, culturel et même scientifique qui met en rapport directement ou indirectement une série d'acteurs relevant de catégories variées.

paramètres climatiques, en gros pour les deux ou trois derniers siècles, et quelques unes plus vagues pour les deux ou trois derniers millénaires (écrits historiques). Les “prophètes” du changement climatique ainsi que les « climato-sceptiques » usent de cette clé pour mettre en brèche les arguments avancés par l’un ou l’autre. Le CNRS et l’Institut National des sciences de l’Univers⁸ reconnaissent qu’il est illusoire de s’attendre à une réduction des incertitudes des projections climatiques. Cela est particulièrement vrai pour l’Afrique, où la mesure du changement climatique mérite quelques clarifications. Avec 744 stations météorologiques seulement (contre 3 800 en France métropolitaine) dont les trois-quarts sont hors service ou déclarées non conformes aux normes internationales par l’Organisation Météorologique Mondiale⁹ (OMM), l’Afrique est l’une des régions du monde la moins bien surveillée par les climatologues. Ce qui fait d’elle, l’une des régions la moins bien connue (FRANÇOIS, A. et TAABNI, M. 2012).

L’OMM reconnaissait encore, en 2009, que faute d’outils d’observation et d’analyses fiables, l’Afrique est un véritable « trou noir » de l’information. Dans son rapport de 1998, le GIEC avouait également cette difficulté en déclarant au sujet de l’Afrique *« qu’en raison des incertitudes que comportent les modèles de circulation générale (MCG), il est impossible de faire des prédictions régionales au sujet des changements climatiques [...]. Il est donc important d’interpréter les résultats des modèles en tenant compte de leurs incertitudes et de les considérer comme des scénarios possibles de changement à utiliser dans les études de sensibilité et de vulnérabilité »* (GIEC, 1998).

Ainsi, faute de données précises et trop souvent fragmentaires, les climatologues reconnaissent aujourd’hui leur méconnaissance de l’histoire récente du climat africain. À l’heure actuelle, cette méconnaissance rend l’interprétation des phénomènes météorologiques difficile (FRANÇOIS A et TAABNI M., 2012). En effet, à quelle « norme climatique » se réfère-t-on pour parler de « changement climatique » sur le continent ? Sur quelle période faut-il que celle-ci ait été établie pour repérer des « anomalies » significatives ? En d’autres termes, dispose-t-on d’un recul suffisant pour corréler les phénomènes météorologiques

⁸ Site du CNRS, URL : <http://www.insu.cnrs.fr/environnement/climat-changement-climatique/les-resultats-des-modeles-climatiques>, consulté le 17 juin 2011.

⁹ *Climat en Afrique : travailler sur des bases communes. Le continent doit renforcer son observation météorologique.* <http://www.afrik.com/article17513.html>, jeudi 10 septembre 2009. Consulté le 11 novembre 2012

récents avec les oscillations climatiques décennales ou séculaires ? Ramener la recherche sur l'existence ou non d'un changement climatique à l'échelle local aura le mérite de partir des connaissances de populations ayant vécu le changement. Et à reconnaître avec Revel que la question de la validité explicative d'une échelle donnée ne peut être posée que dans le champ de la pratique (REVEL J., 1996). Même si le recul est relativement court dans le temps, il sera suffisamment long pour appréhender un quelconque changement du climat.

La 2^{ème} raison qui pousse à déplacer l'échelle d'analyse se trouve dans la relative vulnérabilité des communautés et leur exposition au changement, dans la relative sensibilité au climat, et dans les limites des capacités d'adaptation au changement qui varient d'une région à une autre. Comme le souligne Mark Nuttall¹⁰ dans l'Éditorial de la revue IWGIA¹¹, les changements que nous connaissons sont le résultat de réactions complexes où interfèrent des facteurs physiques, environnementaux, historiques, sociaux et économiques (NUTTALL M., 2009). Ce changement frappe davantage à l'échelle locale surtout lorsque l'on considère les communautés des pays les moins avancés dont, les systèmes sociaux et économiques, déjà parmi les plus faibles du monde, sont trop dépendants du climat et des ressources naturelles. Quelque soit leur localisation, ces peuples dépendent de pratiques traditionnelles, directes ou indirectes, et de l'utilisation des ressources naturelles. Il est admis de tous que ces « populations pauvres sont celles qui souffrent, et souffriront le plus de la dégradation de l'environnement » (NUTTALL M., op cit).

La très grande vulnérabilité de ces peuples, au changement, ne doit-elle pas amener, à l'instar de Marc Abélès cité par Revel (1996), à mettre en avant l'impératif « d'exploration des zones sensibles » ? Pour beaucoup de chercheurs, l'importance des jeux d'échelles et la nécessité de toujours replacer les questions liées au climat dans le temps, et dans l'espace et les contextes locaux n'ont pas été suffisamment soulignés (FRANÇOIS, A. et TAABNI, M. 2012).

La 3^{ème} raison tient aux mesures envisagées pour lutter contre le changement climatique. Les experts du GIEC sont tous unanimes sur le fait qu'une évolution climatique importante et aux

¹⁰ Mark Nuttall est chercheur en Anthropologie sociale, professeur au Département d'anthropologie de l'université d'Alberta au Canada. Il a participé à l'Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) et coéditeur de l'ouvrage collectif *Anthrology and Climate Change : from encounters to actions*.

¹¹ IWGIA est une organisation internationale à but non lucratif. Son objectif est de soutenir les peuples autochtones du monde entier dans leur lutte pour l'autodétermination. En 2003, a été créée la branche française d'IWGIA dénommée Groupe International de Travail pour les Peuples Autochtones (GITPA). www.gitpa.org

conséquences encore mal mesurables est inévitable au cours du siècle. *Il faut à la fois « lutter contre » ce changement et se préparer à « s'adapter » à des modifications inéluctables de l'environnement (CES, 2006).* L'adaptation n'est plus une option, mais une obligation.

S'il existe une kyrielle d'études orientées sur les causes des changements climatiques, leurs conséquences et les solutions, en revanche très peu de recherches ont été entreprises sur la base de l'analyse des perceptions et des pratiques agricoles des paysans des régions considérées comme vulnérables. En matière d'adaptation aux changements climatiques, deux approches semblent se dégager (SIMONET G., 2012) : une approche *top down* que l'on peut qualifier de descendante et une deuxième *bottom up* qui est plutôt ascendante.

L'approche descendante qui fait force de loi favorise les théories macro. Les études suggèrent de s'orienter vers une économie moins tributaire du secteur rural, plus diversifiée et productive, tournée vers des sources d'énergies sobres en carbone. Selon HASSAN R. (2010) un des ténors de cette approche, le milieu scientifique a un rôle important à jouer pour relever ce défi. Il doit notamment contribuer au développement de meilleurs outils pour la prévision des risques climatiques d'une part et pour l'évaluation économique des stratégies envisagées d'autre part.

Dans la même optique, WHEELER (2011), propose des indicateurs de risques permettant de mesurer trois conséquences du changement climatique: la récurrence des désastres naturels, l'élévation du niveau de la mer et la perte de la productivité agricole. Ces mesures, calculées pour 233 pays, et intégrées dans une analyse coût-efficacité, permettent de déterminer les priorités en termes de politiques d'adaptation, afin d'assister efficacement les pays en développement.

En plus d'être descendante, l'adaptation, tant médiatisée, est confrontée à plusieurs obstacles. D'abord, les mécanismes de financement liés à l'adaptation sont à la fois inadéquats et inéquitables. Certains pays « grand émetteurs », comme les États-Unis et l'Australie, ne contribuaient pas au financement des projets d'adaptation dans les pays en développement étant donné que les contributions sont volontaires.

Un autre obstacle à l'adaptation découle de la nature floue du lien entre l'adaptation et l'aide au développement. On assiste effectivement à un rapprochement de plus en plus net entre l'aide au développement et l'adaptation. Plusieurs bailleurs de fonds bilatéraux et multilatéraux cherchant à appuyer des projets de développement y intègrent l'adaptation. Mais les besoins en adaptation sont tellement importants, particulièrement dans les PMA, qu'il faut trouver d'autres mécanismes pour en assurer la mise en œuvre (GIEC, 2007).

Enfin, un troisième problème se trouve dans la mise en œuvre des programmes relevant de l'adaptation aux changements climatiques. Ceux-ci se heurtent à des limites freinant leur mise en œuvre, comme l'indiquent les conclusions du quatrième rapport du GIEC (2007). SIMONET G. (2012) situe ces barrières dans la défaillance des institutions, le manque de ressources, l'absence d'expertise, les nouveautés des enjeux et le déni de la problématique. Pour cet auteur, c'est précisément dans leur identification et leur résolution que les sciences humaines et sociales possèdent des approches, des méthodes et des outils pour intervenir efficacement.

Même en se mettant dans une logique de changement climatique, l'adaptation tant prônée ne doit pas être imposée. S'il est vrai que depuis les années 1970, Paulo Freire a servi de référence à tous ceux qui proclament vouloir s'appuyer sur les savoirs populaires pour instaurer un développement de type alternatif, force est de constater que la prise en compte des savoirs populaires par les praticiens du développement est loin d'être systématique. En ce qui concerne le changement climatique, nous assistons plus que jamais à un matraquage publicitaire de savoir-faire par les agents de développement à l'endroit des pays les moins avancés. Pour eux dans la plupart des cas, il s'agit d'amener le savoir là où règne l'ignorance. Alors qu'en réalité, en dehors même des stratégies mises au point par les politiques, les populations utilisent souvent des méthodes qui leur sont propres et dont les fondements proviennent de leurs compréhensions du milieu dans lequel elles vivent (KATZ E. et al., 2002). Elles sont donc bien placées pour pallier les incertitudes. Pourtant ces connaissances demeurent marginalisées et non prises en compte par la plupart des évaluations et des politiques publiques (GITPA 2009).

Il est reconnu que les savoirs populaires constituent des stocks de connaissances pragmatiques et opérationnelles pour les producteurs ruraux. Ils couvrent tous les domaines de la pratique

sociale (gestion pédologique, climatologie, santé, etc.). Selon Olivier de Sardan, il n'est aucun domaine où, quand une opération de développement veut diffuser un nouveau savoir technico-scientifique, il n'existe déjà un savoir populaire en place, qui règle les pratiques concernées (OLIVIER DE SARDAN J-P, 1994). L'assistance internationale en matière d'adaptation au changement climatique, dans les pays en développement, devrait renforcer les savoir-faire des communautés locales dans leur gestion des risques liés au climat. S'inspirer de ces expériences locales en les améliorant rendrait les politiques d'adaptation proposées à l'endroit de ces populations plus efficaces. Il est donc important d'approfondir les connaissances sur ces pratiques locales de résilience, afin de renforcer les capacités d'adaptation des populations aux chocs climatiques qui sont aujourd'hui plus récurrents et plus importants (ADGER W. N. et al., 2003).

L'approche appelée *bottom-up*, plus ancrée à l'échelle locale, permet justement de combler les lacunes de l'approche *top-down* et d'élaborer de nouveaux cadres de références. Elle se fonde sur les expériences passées et le contexte actuel du système étudié, aussi bien en termes climatiques que socio-économiques, dans l'objectif de rendre compte de sa réalité. Elle prend également en compte toutes ses dimensions humaines, socio-économiques et comportementales, et c'est au sein de cette approche fondée sur l'étude des vulnérabilités locales que les sciences humaines et sociales se révèlent particulièrement pertinentes (SIMONET G., *op cit*).

Il est alors primordial de souligner que c'est à partir d'une bonne connaissance des pratiques paysannes et des réponses que les populations apportent aux modifications de leur environnement, que des mesures adéquates permettant d'atténuer les impacts des changements climatiques peuvent être prises. Comme le dit Wolfensohn¹², rapporté par Gorjestani¹³ dans son article sur les savoirs locaux publié en 2000, *“il nous faut apprendre des communautés pour enrichir le processus du développement”*. Ainsi, « Agir global, penser local », dans bien de cas, peut-être complété par « agir local et penser global ». Car pris sous cet angle, il pose en premier lieu le postulat que chaque acteur participe de façon

¹² James D. Wolfensohn fut président de la Banque Mondiale de 1995-2000 puis 2000- juin 2005.

¹³ En 2000, Nicolas Gorjestani fut Directeur du Programme Savoirs locaux au service du développement de la Banque Mondiale. Cet article est basé sur une communication présentée par l'auteur à la Conférence de la CNUCED sur les connaissances traditionnelles à Genève, le 1^{er} novembre 2000. Il est consultable à l'URL : <http://www.worldbank.org/afr/ik/french/ultimo.pdf>

proche ou lointaine au processus et s'inscrit dans des contextes de dimensions et de niveaux variables, du plan local au plan global.

Ce travail est loin d'être exhaustif. En effet, si la thèse est sans aucun doute une expérience personnelle¹⁴ qui implique dans son parcours plusieurs intervenants, elle est, comme tout acte de recherche, partiel. En conséquence, ce travail n'aborde que partiellement ou pas du tout certains sujets pourtant proches du thème de recherche général, c'est-à-dire les changements climatiques et les systèmes de production agricole. Ainsi, la mécanique de l'atmosphère terrestre de même que les modèles climatiques (une quinzaine actuellement) ne sont pas abordés. En plus, les analyses climatiques se basent sur seulement deux paramètres à savoir la pluie et la température. Ces choix s'expliquent essentiellement par notre non accès à un certain nombre de données.

En plus de l'introduction, de la problématique et de la conclusion, le travail présenté est articulé autour de quatre chapitres.

Le premier chapitre définit les objets de recherche et présentent l'approche méthodologique. Ainsi, les connaissances sur certaines thématiques clés de notre recherche sont passées en revue et contextualisées. Les méthodes utilisées sont exposées afin d'éviter d'éventuelles confusions. Cette partie reste très théorique et quelquefois éloignée des résultats purement personnels. Toutefois, elle nous apparaît essentielle dans le cadre de cette recherche car elle est pour nous comme un fil conducteur indispensable pour aborder l'ensemble des résultats sur une base conceptuelle et méthodologique commune.

Le deuxième chapitre présente la zone d'étude. Y sont abordés, dans un premier temps, les aspects physiques et humains du cercle de Banamba. Dans un second temps, les unités de production agricole du cercle sont décrites dans leurs principales caractéristiques sociales, démographiques et économiques.

Le troisième chapitre est une ébauche d'étude ethnoclimatologique. D'abord, les perceptions des populations locales sur le climat et sur son évolution sont appréhendées et confrontées aux caractéristiques climatiques du cercle. Cette caractérisation s'appuie sur des analyses

¹⁴ HUNSMANN M. et KAPP S. (2013) Devenir chercheur. *Écrire une thèse en sciences sociales*. EHESS, 359p.

climatiques diagnostiques et sur la mise en œuvre de tests statistiques de permutation et de détection de rupture dans les séries. L'accent est mis sur la période 1951-2010, témoin de la persistance ou non de la sécheresse.

Enfin, dans le dernier chapitre, la recherche du lien interactif entre changement climatique et ressources naturelles est abordée. Cette étude bioclimatique est faite à partir des savoirs locaux qui sont des références importantes des variations climatiques et de l'évolution des paysages. Car comme le souligne PELISSIER P. (1976), « *chaque société rurale donne une interprétation personnelle de l'espace, les mêmes potentialités du milieu étant perçues, traitées et exploitées différemment, selon la nature des organisations, les héritages culturels et les objectifs précis des acteurs* ». Ces interprétations, issues des savoirs locaux, sont confrontées aux études bioclimatiques réalisées à partir de données issues de la télédétection. Pour chaque ressource, les stratégies locales pour faire face à la dégradation des ressources naturelles sont traitées.

Problématique

Cette étude met en relation le changement climatique et les systèmes de production agricole. Le changement climatique a fait l'objet de plusieurs études. Les efforts engagés par la communauté internationale dans la lutte contre ce changement se sont en général portés sur ses causes et sur des modèles de prédiction du climat à venir. Il est rarement étudié à partir des perceptions et des pratiques des communautés paysannes.

De même, la dynamique des systèmes de production agricole a également fait l'objet de nombreuses études. Les résultats qui en découlent s'organisent suivant deux axes principaux mettant en évidence soit l'influence des conditions naturelles, soit celle des activités agro-économiques. Ici aussi, très peu d'études abordent cette question sous l'angle de l'influence socio-économique et socioculturelle (BROU, T. Y., 2005).

La présente étude trouve sa place dans le champ de la géographie à l'interface de la géographie physique et de la géographie humaine dans une perspective d'analyse des dynamiques des interrelations entre société et espace. Dans cette conception, la notion d'espace géographique est conçue comme le résultat d'interactions entre processus naturels, formes physiques, représentations et pratiques sociales (RAFFESTIN C., 1980).

Cette étude se situe donc à l'interface du milieu physique et du milieu humain dans une démarche tridimensionnelle incluant trois maillons de l'espace géographique : l'écosystème, l'agro-système et le socio-système. Il s'agit, à partir de l'étude des interactions entre ces trois maillons, d'appréhender le milieu globalement. Ce milieu peut être comme un ensemble dans lequel les éléments naturels et les éléments humains entretiennent des rapports dialectiques (BROU 2005). Cette conception est inspirée de l'espace géographique décrit par BERTRAND G. et BERTRAND C. (1975, 2002) dans lequel ils évoquent, dans une théorie baptisée GTP, les trois dimensions du milieu à savoir le *Géosystème*, le *Territoire* et le *Paysage*. Les méthodes et outils d'analyse rendent compte également de cette démarche systémique à trois dimensions. Ils intègrent ainsi l'usage de la statistique pour l'analyse des données bioclimatiques, de la télédétection pour le suivi de la dynamique des états de surface

et des enquêtes socio-économiques pour comprendre les actions et les réactions des populations face aux dynamiques environnementales.

Parmi les modèles d'analyse de l'espace, la théorie du **G**(éosystème)- **T**(erritoire)- **P**(aysage), mis au point par Bertrand G. et C. (2002) constitue une référence significative pour une meilleure compréhension de l'espace géographique (BRAVARD J-P. et LEFORT I., 2004). Son modèle peut être présenté comme suit :

1. Une entrée " naturaliste ", le **géosystème** qui est l'état global d'un lieu à un moment donné, pour une durée donnée, sur une trajectoire représentée par une succession d'états – saisonniers, pluriannuels, pluriséculaires. Comme il a été remarqué par Bertrand G. (2002) le géosystème qui est d'inspiration géographique, a d'abord été un concept spatial, à finalité naturaliste quoique anthropisé *a priori*. La dimension temporelle a toujours été présente mais comme en retrait. Aujourd'hui, devenue dominante, elle a fait évoluer l'ensemble du concept. Le Géosystème, qu'il soit un milieu physique ou naturel au sens strict, est l'environnement de l'écologiste. C'est donc l'espace physico-chimique d'un être vivant ou d'une communauté d'êtres vivants, avec lequel ces derniers entretiennent des échanges permanents de matière et d'énergie. Il s'agit de l'ensemble des éléments du milieu naturel (relief, climat, eaux, sol, végétaux, animaux) qui concourent à la structuration de l'espace. L'existence de ce milieu est conditionnée par un équilibre entre tous les éléments qui le composent. C'est un équilibre instable et donc évolutif pour BERTRAND G. (1975).

2. Une entrée " socio-économique " qui est le **territoire**, c'est-à-dire l'environnement géographique mis en valeur par les sociétés et artificialisé par elles. Il peut être aussi défini comme une portion terrestre envisagée dans ses rapports avec des groupes humains qui l'occupent et l'aménagent en vue d'assurer la satisfaction de leur besoin. Comme le dit BERTRAND G. (2002) c'est au travers du territoire, donc de la terre, que la nature devient une problématique sociale. Le territoire intègre donc en son sein de multiples composantes (environnementale, sociale, économique, institutionnelle, etc.). Le comprendre c'est mettre en évidence les interactions entre ses différentes composantes et non pas les considérer comme des couches successives dont la totalité constituerait un ensemble appelé territoire (BADIE B, 1995 ; BRUNET R., DOLFUS O., 1990 ; LE BERRE M., 1992).

3. Une entrée " socioculturelle ", **le paysage**, qui désigne à la fois un objet spatial, matériel et le regard que nous portons sur lui. Le paysage est aussi la manière de désigner et d'expliquer la relation culturelle/symbolique/identitaire qu'un individu/une société établissent avec un lieu. Le concept de représentation sociale désigne une forme de connaissance spécifique, le savoir de sens commun, dont les contenus manifestent l'opération de processus génératifs et fonctionnels socialement marqués. Selon BRIFFAUD S. (2004), ce concept est évoqué en premier par DURKHEIM E. (1858-1917) à travers l'étude des religions et des mythes avant d'intéresser de nombreux chercheurs. Il s'agit des psychosociologues comme CHOMBART DE LAUWE M-J. (1971), FARR J.A. (1977, 1984, 1987), JODELET D. (1984) et HERZLICH C. (1972), des anthropologues tels que LAPLANTINE F. (1978, 1987), des sociologues comme BOURDIEU P. (1982), des historiens comme ARIÈS P. (1962) et DUBY G. (1978), tous cités par BRIFFAUD S. (2004) et BROU T.Y. (2005). Dans le domaine de l'environnement, l'intérêt porté au concept de représentation sociale transparait véritablement dès les années 80.

Il apparaît en effet que l'une des avancées les plus significatives de la communauté scientifique dans la production des connaissances relatives aux questions environnementales dans les trois décennies passées consiste dans la mise à jour des valeurs et des représentations sociales de l'environnement (BROU T.Y., 2005). A l'évidence, la prise en compte de ce concept est devenue indispensable dans la compréhension des modes de gestion des ressources naturelles et des réponses que les populations apportent aux modifications de leur environnement. En fait, on ne peut concevoir l'histoire et le fondement du "milieu naturel" sans prendre en compte l'homme qui ne cesse de réorganiser l'espace pour ses propres besoins.

La zone d'étude correspond à une collectivité territoriale : le cercle. Sur le plan administratif, il constitue une échelle intermédiaire entre la région et la commune. Du point de vue approche systémique, cet ensemble constitue un système dynamique « puisqu'à quelque niveau scalaire auquel se situe l'intérêt, [...] le système est constitué par un complexe d'éléments et d'interactions qui participent d'une dynamique commune » (ROUGERIE G. 1991).

On peut s'intéresser à un élément particulier de l'ensemble (cela est aussi nécessaire pour bien connaître et comprendre une partie du système). Mais cette démarche ne donne qu'une

information partielle, sectorielle. Il est toujours nécessaire de replacer cette composante dans son contexte fonctionnel global. Seule la démarche systémique permet la vision holistique de l'objet décrit (BERNEST et al. 2009).

Contrairement à la plupart des études sur le changement climatique, cette étude cherche à appréhender la réalité du point de vue des acteurs eux-mêmes en interrogeant leurs connaissances et leurs pratiques. Il résume, à la suite de Daniel Jacobi, « l'idéologie du troisième homme », c'est-à-dire celle d'une communauté rendue vulnérable, marginalisée et exclue du débat scientifique.

Il s'agit donc d'appréhender la zone d'étude globalement, au sens d'espace géographique concept, c'est-à-dire comme un ensemble dans lequel les éléments naturels se combinent dialectiquement avec les éléments humains. Les deux se transforment mutuellement. Autrement dit, la thèse défendue n'est pas que « *small is beautiful* » mais que « *small* est heuristique » (au sens de la fabrique de l'idée, du questionnement, de la production de connaissances).

Questions de recherche

Quelles sont les principales caractéristiques des systèmes de production agricole dans le cercle de Banamba ? Quelles représentations les communautés paysannes du cercle de Banamba se font du climat actuel ? En dehors de toutes considérations scientifiques, et en se plaçant à l'échelle locale, peut-on soutenir l'existence d'un changement climatique dans le cercle de Banamba ? Comment ont évolué les ressources naturelles renouvelables au cours des quarante dernières années dans le cercle de Banamba ? Quelles représentations ces communautés paysannes ont-elles de leur environnement actuel comparé au passé ? Quelles stratégies mettent-elles en place pour s'adapter au changement climatique et à la dégradation de leurs ressources naturelles ? Telles sont les principales questions qui sous-tendent cette recherche.

Objectifs de la recherche

Cette recherche se fixe comme objectif principal de mieux comprendre la dynamique des systèmes de production agricole évoluant dans un contexte de changements climatiques. Il s'agit d'étudier leurs dynamiques temporelles sur la base des représentations et des pratiques

agricoles des communautés rurales considérées par la communauté internationale et scientifique comme les plus vulnérables aux prétendus « changements climatiques » en cours depuis les 30 à 40 dernières années. Spécifiquement, il s'agit de :

- décrire, dans une perspective dynamique, les exploitations agricoles dans leurs principales caractéristiques sociodémographiques et économiques ;
- cerner les représentations des communautés agraires sur le climat actuel et son évolution au cours des 50 dernières années ;
- appréhender les dynamiques des ressources naturelles renouvelables depuis 1960 ;
- identifier les stratégies d'adaptation des communautés du cercle de Banamba pour faire face aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, en vue d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages.

Hypothèses de recherche

La recherche est sous-tendue par l'hypothèse de base ci-après : le débat sur le changement climatique est hypothéqué par les scientifiques au niveau planétaire d'où les multiples incertitudes scientifiques et controverses qui l'anime. S'il est vrai que le monde paysan traverse de profondes et multiples transformations, il est tout aussi vrai que « la connaissance fine des situations vécues par ces acteurs sociaux de base et les moyens par lesquels ils gèrent ces situations » sont mieux indiqués pour comprendre à l'échelle locale et humaine le changement climatique et ses multiples implications.

Les hypothèses secondaires sont ainsi formulées :

- du fait du changement intervenu dans le climat, les exploitations agricoles familiales sont traversées par de profondes transformations sociales, économiques et culturelles ;
- les savoirs locaux sur le climat permettent d'affirmer l'existence de changements climatiques au niveau local ;
- sous l'effet du changement climatique, les ressources naturelles renouvelables subissent de fortes pressions qui entraînent leur dégradation ;
- face au changement climatique et à la dégradation des ressources naturelles renouvelables, les populations ne sont jamais restées passives. Elles développent des stratégies d'adaptation.

Justification du choix du thème

Plusieurs raisons nous ont motivé à entreprendre cette recherche. D'abord, les questions de population-environnement restent un champ privilégié d'études en Géographie, elles demeurent un thème d'actualité. Sur ce plan, l'Afrique de l'Ouest, où la plupart des pays ont une économie fondée sur le secteur primaire, en particulier sur l'agriculture pluviale, apparaît comme une région particulièrement sensible (IPCC, 2007). En effet, depuis le début des années 1970, l'agriculture et l'élevage s'y exercent dans un contexte de grandes incertitudes climatiques. Les pays en développement, notamment le Mali, en raison de leur faible résilience souffrent davantage de ces incertitudes.

Face aux incertitudes du climat, c'est seulement à partir de la conférence de Nairobi, en 2006, que la thématique de l'adaptation a commencé à envahir l'agenda international. Mais, en plus de l'insuffisance des sources de financement¹⁵, la politique internationale en matière d'adaptation accorde peu de place aux savoirs et aux pratiques des populations des zones rurales les plus vulnérables (NILSSON C, 2008). Pourtant, ces savoirs et ces pratiques ont permis à leurs détenteurs, bien avant l'intervention de la communauté, de résister dans une certaine mesure, aux effets néfastes du climat. A partir de ces constats, il paraît donc nécessaire d'aller vers ces savoirs pour mieux les connaître et les valoriser.

L'espace géographique est pour nous le point de départ d'une géographie du développement. Les résultats de cette recherche devront faciliter la constitution d'outils d'aide à la décision pour une meilleure gestion des ressources naturelles dans le cercle de Banamba. Il s'avère, de plus en plus, que les résultats de recherche sur l'environnement ne peuvent devenir des instruments d'aide à la décision que mis en relation avec les perceptions locales et les représentations sociales. Ce sont de ces perceptions que découlent les stratégies des populations locales pour atténuer les contrecoups des modifications environnementales, remodelant ainsi le paysage (BROU Y. T., 2005).

¹⁵ Selon le secrétaire général de la Convention-cadre sur les changements climatiques, Ivo de Boer, suite à la présentation à Bruxelles du rapport du groupe de travail II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Bilan 2007 des changements climatiques : impacts, adaptation et vulnérabilité*, le 6 avril 2007.

Chapitre 1 : Le Cadre conceptuel de l'étude

Cette partie traite de la revue documentaire et de la méthodologie adoptée. La recherche documentaire s'est intéressée à plusieurs thématiques ou concepts qui constituent les mots clés du thème d'étude. Elle est l'occasion de faire le point des connaissances sur ces thématiques. La méthodologie situe, dans la multitude d'approches, le canevas scientifique retenu par l'étude. Elle développe la démarche scientifique adoptée, définit les sources et la qualité des différentes données utilisées.

1.1 La revue documentaire

Nos lectures ont eu comme centre d'intérêt les thématiques ci-après : variabilité et changements climatiques, réchauffement climatique, vulnérabilité et adaptation, système agricole, système de production, ressources naturelles, représentations sociales, savoirs et pratiques locaux. Ces concepts sont empruntés à la géographie, à l'agronomie, aux sciences économiques, sociales et physiques. Souvent le même terme est utilisé avec une signification différente et quelquefois des termes différents sont utilisés pour désigner la même chose. Aussi, ces définitions peuvent varier selon les auteurs, selon le contexte géographique (Nord ou Sud) et / ou historique. Certaines expressions font même l'objet de controverses. Le but de cette discussion n'est pas de sanctionner ou d'insister sur une définition particulière, mais d'essayer de clarifier un peu des situations qui peuvent être assez déconcertantes et d'argumenter le choix de la démarche retenue pour faciliter la compréhension du contenu de ce travail.

1.1.1 : Les Changements climatiques¹⁶ : un phénomène complexe et une « réalité » controversée

¹⁶ Les connaissances développées ci-dessous sur les changements climatiques ont été recueillies sur plusieurs sites spécialisés dont entre autres : <http://www.fao.org/docrep/v5240f/v5240f00.htm#Contents>
http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml#UxGZgc5uXTTo
<http://13millennium.com>
http://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/climat-variations.php
<http://www.glaciers-climat.com>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Changement_climatique
http://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:Sciences_de_la_Terre_et_de_l%27Univers
http://www.wikiberal.org/wiki/R%C3%A9chauffement_climatique

Les changements climatiques sont loin de faire l'unanimité, comme cela a été développé dans l'introduction. Selon la définition du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, le changement climatique se réfère à tout changement du climat dans le temps dû à la variabilité naturelle du climat ou résultant de l'activité humaine (GIEC 1995).

Cette définition diffère de celle énoncée en 1992 par la Convention - Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) qui les définit comme les changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observé au cours des périodes comparables. Ainsi, lorsque cette variation est due à des phénomènes naturels on parle de variabilité climatique. Mais une fois attribuée directement ou indirectement à l'action de l'homme on parle plutôt de changements climatiques.

1.1.1.1 La variabilité du climat, un phénomène naturel et normal

Il est maintenant scientifique établi que la variabilité climatique est naturelle.

Elle est due aux paramètres astronomiques, à des paramètres internes et à d'autres composantes du système climatique encore partiellement incomprises.

1.1.1.1.1 Les paramètres astronomiques

Les variations climatiques dépendent étroitement de la position astronomique de la Terre. Les différences observées selon la latitude dans le total d'énergie reçu sont très largement le fait de l'influence exercée par l'angle d'incidence des rayons solaires arrivant à la surface terrestre. Cette influence se traduit par des variations de la répartition au sol de l'énergie, des variations amplifiées par un parcours plus ou moins long des radiations à travers l'atmosphère. Étant donné la forme quasi sphérique de la Terre, pour un même faisceau de rayons solaires, l'énergie dispensée en arrivant au sol se répartit sur une surface bien supérieure quand les rayons sont inclinés. Ainsi la quantité d'énergie reçue par unité de surface est d'autant plus faible que l'on se dirige vers les pôles (ex. : angle de 90°/angle de 30°; quantité d'énergie divisée par 2 car la surface couverte par le même rayon double). Pour la même raison, la couche atmosphérique traversée par les rayons solaires sera d'autant plus épaisse que l'angle d'incidence sera faible. Or plus la traversée de la couche atmosphérique est longue plus l'interception des radiations solaires est importante. Ainsi les pertes d'énergie sont supérieures aux hautes latitudes. La rotondité de la Terre (sa forme se rapproche d'un géoïde) fait que les rayons du soleil doivent traverser à la fois une plus grande

distance et surtout une épaisseur plus importante de l'atmosphère en allant vers les pôles. Ces variations de la valeur de l'apport énergétique solaire permettent de diviser le globe en trois grandes zones climatiques :

- une zone toujours chaude de part et d'autre de l'équateur jusqu'au-delà des tropiques ;
- deux zones tempérées aux latitudes moyennes (c'est à dire à égale distance entre l'équateur et le pôle) ;
- deux zones froides entre les cercles polaires et les pôles.

Les variations climatiques dépendent également des mouvements de la Terre dans l'espace cosmique. Deux mouvements de la Terre dans l'espace cosmique sont fondamentaux : la révolution annuelle de la Terre autour du soleil à la vitesse de 30 km/s et la rotation journalière du globe sur lui-même, d'ouest en est.

En un an, la Terre décrit autour du soleil une ellipse très aplatie. Or l'axe de rotation de la Terre, l'axe des pôles, n'est pas perpendiculaire au plan de l'écliptique (ou plan de l'orbite terrestre). Cet axe des pôles fait avec la perpendiculaire au plan de l'écliptique un angle de $23^{\circ}27'$. Ainsi la terre ne présente pas toujours de la même manière ses différents secteurs aux rayons solaires. Chaque point à la surface de la planète reçoit une part de rayonnement solaire qui varie en fonction de la position de la Terre sur son orbite. Le mouvement de révolution est à l'origine des saisons. Et certaines positions cosmiques sont importantes. L'inclinaison de l'axe des pôles par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique et la révolution engendrent les saisons astronomiques à partir de quatre positions : deux équinoxes (l'équinoxe du printemps à partir du 21 mars et l'équinoxe d'automne à partir du 23 septembre) et deux solstices (le solstice d'été à partir du 21 juin et le solstice d'hiver à partir du 21 décembre).

1.1.1.2 Les paramètres internes des variations climatiques de la Terre

Deux paramètres importants à prendre en compte sont l'activité volcanique et la circulation thermohaline. L'activité volcanique rejette notamment du CO_2 et de l'acide sulfurique sous forme de gouttelettes. Les rejets de cendres peuvent atteindre des millions de tonnes jusqu'à plusieurs kilomètres d'altitude. Toutes les éruptions volcaniques ont des effets sur le climat de l'échelle locale à régionale. Certaines d'entre elles, particulièrement importantes, rejettent des poussières dans la stratosphère (au-delà de 13 km d'altitude) et modifient le climat planétaire

pendant quelques mois. Dans ce cas, ce phénomène crée une couverture atmosphérique opaque qui filtre la luminosité et la chaleur qui vient du soleil. Ceci peut entraîner un refroidissement du climat comme le volcanisme intense d'une centaine de milliers d'années qui a eu lieu lors de l'extinction des dinosaures.

De même, en 1450 av. JC, l'éruption volcanique de Santorin en mer Egée va mettre en suspension de telles quantités de poussières que durant l'été qui suit en Europe et au Proche Orient, le ciel reste voilé et la température baisse d'environ 0,5°C. Récemment, l'éruption du Pinatubo philippin en 1991 a entraîné des projections jusqu'à 35 km d'altitude. Deux mois après l'explosion, plus de 40% d'une bande intertropicale entre 30°N et 20°S était recouverte par les aérosols, entraînant une baisse moyenne de la température de la planète entre 0,1 et 1°C. Les volcans indonésiens Krakatoa (1883), Agung (1963), le mont Saint Helens (1980) aux Etats-Unis et le volcan mexicain El Chichón (1982) eurent les mêmes effets (Jacques et Le Treut, 2004).

Ainsi, le volcanisme implique une chute des températures à court terme mais s'avère être un puissant facteur de réchauffement sur le long terme. En effet, lors du crétacé supérieur (il ya environ 80 millions d'années), la température était de 6°C supérieure à celle que nous connaissons, ce fût la période la plus chaude de l'histoire de la Terre marquée par un volcanisme majeur.

L'autre facteur fondamental de la répartition des climats à la surface de la Terre est la circulation des courants marins (figure 1). Les conséquences sur les climats terrestres sont considérables. Ainsi la dérive Nord-Atlantique du Gulf Stream atteint 80° N de latitude et tempère les climats du Spitzberg, de la terre François-Joseph et de la Nouvelle-Zemble. Une grande partie de la mer de Barents est libre toute l'année et les côtes ouest du Spitzberg ne sont pas prises par la banquise. A la même latitude la mer du Groenland, parcourue par le courant du Groenland oriental est gelée toute l'année.

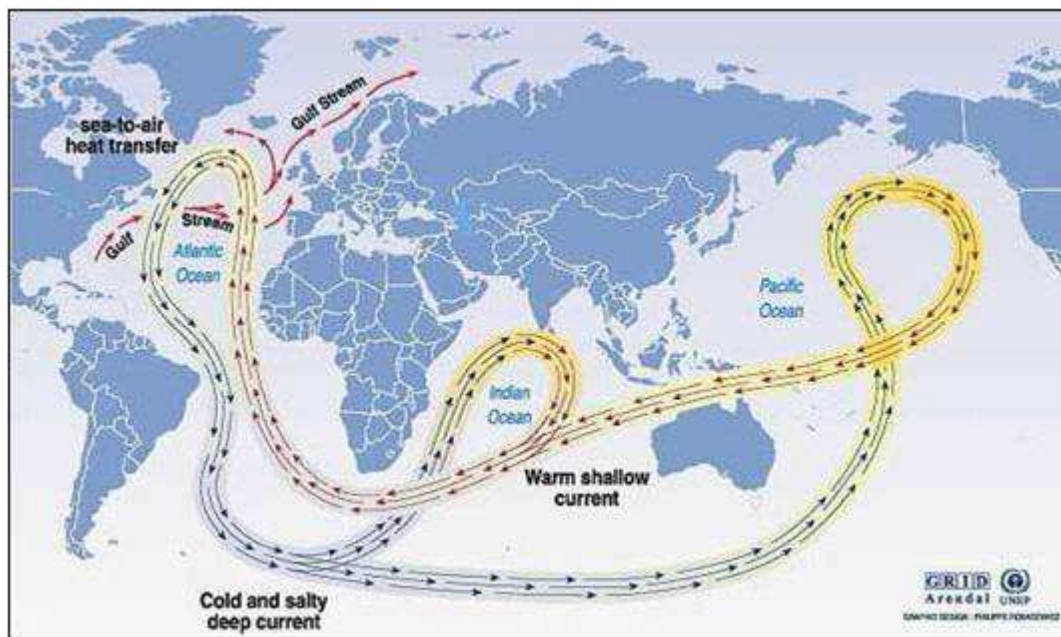


Figure 1: Parcours de la circulation thermohaline

Source : BROECKER W.S., 1991

Aux latitudes moyennes, l'opposition est frappante entre le climat doux des côtes françaises baignées par la dérive Nord-Atlantique du Gulf Stream et le climat très froid et neigeux des côtes du Québec baignées par le Cold Wall, prolongement du courant du Labrador.

Aux latitudes subtropicales dans l'hémisphère Nord et tropicales dans l'hémisphère Sud, les courants froids longent les côtes ouest des continents (courant des Canaries au large du Maroc, courant de Californie, courant de Humboldt au large de l'Amérique du Sud) alors que des courants chauds baignent les côtes Est (courant de Floride, courant des Caraïbes, Kouro Shivo). Le phénomène El-Nino est souvent cité pour illustrer l'incidence climatique de la répartition des courants marins aux latitudes intertropicales. Le courant froid de Humboldt baigne les côtes sud-américaines. L'eau est froide, l'évaporation faible, l'air refroidi est stabilisé à sa base. Il n'y a pas d'ascendance de l'air, donc très peu de précipitations. Le climat de la côte du sud de la Colombie au nord du Chili est caractérisé par la sécheresse. Chaque année vers Noël (d'où le nom de El-Nino, l'enfant Jésus) l'apport d'eau froide diminue ou disparaît ce qui déclenche d'abondantes précipitations. Irrégulièrement le phénomène El-Nino prend une ampleur considérable et il entraîne, comme en 1983, des précipitations catastrophiques.

La variabilité du climat est assez bien appréhendée à l'échelle de l'année voire d'une dizaine d'années, mais ces variations climatiques sont présentes à toutes les échelles de temps. A l'échelle géologique, la science du climat dispose d'éléments permettant de savoir avec certitude que le climat a changé à plusieurs reprises depuis 4,5 milliards d'années. Ainsi on sait qu'il y a eu deux phases glaciaires au Primaire : une au début et une à la fin de cette ère. On sait également que l'ère Tertiaire aux latitudes moyennes a été caractérisée par des climats chauds et humides qui ont permis l'installation d'une flore et d'une faune de type tropical. Ces changements sont donc attestés mais il est difficile d'en reconstituer l'histoire et de déterminer précisément les régions du globe affectées par telle ou telle modification. La raison fondamentale est que la répartition des mers et des terres a changé au fil des temps géologiques. Il y a 200 millions d'années un supercontinent, la *Pangée*, était ceinturé par les eaux d'un super océan, *Téthys*. Peu à peu les continents et les océans actuels se sont dissociés. La configuration observée aujourd'hui était en place il y a environ 30 millions d'années.

Mais c'est sur le quaternaire que la science du climat dispose de données permettant de connaître davantage les variations plus récentes car du fait de leur moindre ancienneté, les marqueurs ont été conservés en plus grand nombre (ESTIENNE P. & GODARD A., 1970 ; MAGNY M., 1995 ; TABEAUD M., 2000 ; CUBIZOLLE H., 2009). Cette période correspond aussi au développement de la civilisation acheuléenne conduite par *Homo erectus*. Sur le plan climatique, le Quaternaire se caractérise par plusieurs types de changements correspondant à des échelles de temps distinctes :

- à l'échelle des centaines de milliers d'années, il y a 2 phénomènes fondamentaux :
 - o la succession, aux moyennes latitudes, d'épisodes glaciaires et d'épisodes plus chauds qualifiés d'interglaciaires. Les climatologues ont déterminé 6 glaciations : Biber, Donau, Günz, Mindel, Riss et Würm. Lors de la dernière glaciation, le maximum d'extension des glaces se situe vers -20000 ans dans l'hémisphère Nord (pléniglaciaire würmien). Nous connaissons depuis, un réchauffement rapide qui a permis la fonte et le recul des calottes glaciaires (Tardiglaciaire) ;
 - o la succession, aux basses latitudes, d'épisodes pluvieux et d'épisodes secs dont la correspondance avec les épisodes glaciaires et interglaciaires n'est pas clairement définie ;
- à l'échelle de l'Holocène c'est à dire des 10000 dernières années, on a pu mettre en évidence des variations climatiques qui ne remettent pas en cause la tendance climatique sur le long terme, mais qui constituent des fluctuations à moyen terme autour d'une situation moyenne qui est celle de l'interglaciaire. On a ainsi défini, grâce aux analyses polliniques, 5 phases climatiques : le

Préboréal, le Boréal, l'Atlantique, le Suboréal et le Subatlantique qui est la phase actuelle depuis 2 millénaires ;

- à l'échelle du dernier millénaire on a également défini des fluctuations à court terme. En effet si, au cours de la phase Subatlantique, les analyses polliniques n'ont pas pu permettre d'observer de variations bioclimatiques perceptibles, des changements climatiques ont cependant été constatés. A leur propos, l'expression de tendance climatique (*trend* en anglais) est la plus courante. La plus connue de ces tendances est celle qui s'est dessinée à partir de 1550 et qui dura jusqu'en 1850, le Petit Âge Glaciaire. Globalement, le climat s'est sensiblement rafraîchi au cours de cette période ;
- à l'échelle interdécennale on a fréquemment des variations, avec des décennies plus chaudes comme les années 1940-49 ou plus fraîches ;
- On peut enfin avoir des anomalies climatiques très courtes avec une année particulièrement froide (le cas en 1816, l'année sans été qui succéda à l'éruption du volcan indonésien Tambora) ou une année très chaude (comme en 1999 l'année la plus chaude depuis 1861, année où l'on a commencé à enregistrer les températures (GIEC, 2007).

Ainsi s'il existe un certain consensus en ce qui concerne la variabilité du climat et à son caractère naturel, les opinions sont partagées quant au réchauffement planétaire parmi les chercheurs et les divers organismes impliqués.

1.1.1.2 Le réchauffement planétaire, un processus naturel aggravé par l'homme

Pour les scientifiques du GIEC, l'augmentation des températures se situe à la base d'une série de phénomènes s'influençant mutuellement attesté par l'augmentation observée des températures moyennes de l'air et de l'océan, la fonte généralisée de la neige et de la glace et l'augmentation du niveau moyen de la mer. A cet égard, le rapport du GIEC (2007) confirme avec un « très haut degré de confiance » la primauté de la responsabilité humaine sur les facteurs naturels dans le réchauffement climatique global à travers l'effet combiné des gaz à effet de serre, des aérosols et de l'albédo. Les conclusions du GIEC ne font pas l'unanimité des scientifiques (encadré 1).

Encadré 1 : Les « sceptiques » du réchauffement climatique

Face aux nombreux experts du GIEC, il existe un nombre important de scientifiques de haut niveau qui ne se reconnaissent pas dans les travaux du GIEC et en critiquent les résultats et les modes de fonctionnement. Si la plupart d'entre eux ne réfutent pas la réalité du réchauffement récent du climat, ils en contestent parfois l'origine anthropique comme en témoigne par exemple la lettre envoyée au premier ministre canadien par 61 scientifiques en octobre 2006 : « *Les évidences tirées de l'observation ne supportent pas les modèles climatiques actuels fournis par les ordinateurs (...). « Le changement climatique est une réalité » constitue une expression vide de sens utilisée à maintes reprises par les militants pour convaincre le public qu'une catastrophe climatique est imminente (...). Aucune de ces craintes n'est justifiée. Le climat de la planète change tout le temps en raison de causes naturelles et l'impact humain reste impossible à distinguer de « bruit » naturel* ». http://www.friendsofscience.org/assets/documents/97_Consensus_Myth.pdf

Une pétition signée par 19 000 scientifiques américains, soutenait déjà que : « There is no convincing scientific evidence that human release of carbon dioxide, methane, or other greenhouse gasses is causing or will, in the foreseeable future, cause catastrophic heating of the Earth's atmosphere and disruption of the Earth's climate. Moreover, there is substantial scientific evidence that increases in atmospheric carbon dioxide produce many beneficial effects upon the natural plant and animal environments of the Earth » (<http://www.oism.org/pproject/>).

Dans son livre « Global Warming: Myth or Reality? The Erring ways of Climatology » (Réchauffement planétaire : mythe ou réalité ? Les errements de la climatologie), publié en 2003, Marcel Leroux – professeur émérite de climatologie à l'Université Jean-Moulin (Lyon - France) écrit : « *L'effet de serre n'est pas la cause du changement climatique. Les causes probables sont donc : des paramètres orbitaux bien établis à l'échelle paléo-climatique, avec des conséquences climatiques freinées par l'effet d'inertie des accumulations glaciaires; l'activité solaire (...); l'activité volcanique et les aérosols associés (plus particulièrement les sulfates), dont les effets (à court terme) sont incontestables; et loin après, l'effet de serre, et en particulier celui causé par la vapeur d'eau, dont l'influence est inconnue. Ces facteurs se conjuguent en permanence et il semble difficile d'établir l'importance relative de ces différents facteurs sur l'évolution du climat. De même, il est tendancieux de faire ressortir le facteur anthropique alors qu'il est, clairement, le moins crédible parmi tous les autres facteurs cités ci-dessus*».

Et que dire de L'**Oregon Petition** ? Une déclaration de scientifiques du monde entier, rejetant la thèse « officielle » du réchauffement climatique et s'opposant au protocole de Kyoto. Elle a été organisée par l'Oregon Institute of Science and Medicine (OISM) entre 1999 et 2001, et continue à être signée par de nouveaux scientifiques aujourd'hui encore. Selon cette pétition « *il n'existe aucune preuve scientifique convaincante indiquant que les émissions de dioxyde de carbone, de méthane ou d'autres gaz à effet de serre causent ou causeront, dans un avenir prévisible, un réchauffement catastrophique de l'atmosphère de la Terre et une rupture de son climat. En outre, des preuves scientifiques substantielles montrent que l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique entraîne de nombreux effets positifs sur l'environnement de la faune et de la flore de la Terre.* » http://www.wikiberal.org/wiki/Oregon_Petition

D'autres pétitions ont été faites comme la déclaration d'Heidelberg (*Heidelberg Declaration*) ou la déclaration de Leipzig (*Leipzig Declaration*) et la Manhattan Declaration (http://www.wikiberal.org/wiki/Manhattan_Declaration). Plus de 31.000 scientifiques l'ont signée à ce jour. Parmi les scientifiques ayant signé cette déclaration, on retrouve l'ancien président de l'académie américaine des sciences, Frederick Seitz.

Source : www.wikiberal.org<http://www.pensee-unique.fr/paroles.html>

Les éléments clés de ce phénomène étaient déjà bien compris à la fin du 19^{ème} siècle. La Terre est une véritable oasis de l'espace. La planète bleue tant admirée par les astronautes se situe à environ 150 millions de kilomètres du Soleil. A cette distance, les parties immergées de la Terre devraient être gelées, c'est-à-dire recouvertes d'une couche de glace. Sur une Terre sans air, la température moyenne de la surface de la planète aurait 33 °C de moins. Elle serait alors de -18 °C au lieu de +15 °C. Une température de -18°C ferait geler les océans, ce qui augmenterait considérablement leur albédo (pouvoir réflecteur) faisant chuter les températures autour de -100°C. Si la Terre ne gèle pas, c'est grâce à l'atmosphère. Ce sont plus précisément certains gaz retenant la chaleur, les gaz dit "à effet de serre" (GES), qui donnent à la Terre sa température douce et stable, favorable à la vie.

L'effet de serre est une analogie qui traduit en réalité une propriété physique : l'absorption du rayonnement infrarouge par un corps. Tous les gaz (ou autres corps) qui sont transparents au rayonnement visible et qui absorbent partiellement le rayonnement infrarouge tellurique participent à l'effet de serre de l'atmosphère. « Effet de serre » et « réchauffement planétaire » sont deux termes qui sont souvent considérés comme interchangeables, alors qu'ils ne le sont pas puisqu'ils réfèrent à deux phénomènes différents. L'effet de serre est un phénomène naturel qui maintient les températures de la surface planétaire plus élevées qu'elles ne le seraient s'il était absent. Tel qu'utilisé dans le contexte actuel, le réchauffement planétaire réfère à une augmentation des températures terrestres causée par les activités anthropiques (industrie, agriculture, mode de vie, etc.).

Il est reconnu maintenant que le soleil émet dans l'espace un rayonnement continu (rayonnement extraterrestre), dont la longueur d'onde est comprise entre 0,3 et 2,8 micromètres. A l'intérieur de ce rayonnement, les longueurs d'onde comprises entre 0,4 et 0,78 micromètres correspondent à la bande visible. Ce rayonnement attaque la terre sous un angle dépendant de la période de l'année et de la latitude du lieu. À la verticale, et s'il ne subissait aucune atténuation en traversant l'atmosphère, il apporterait une énergie de 8,4 joules par centimètre carré et par minute. Une partie de ce rayonnement est interceptée par l'atmosphère et la couche nuageuse, et une partie du rayonnement transmis est réfléchi par la surface de la terre et repart vers l'univers. Cette fraction du rayonnement est appelée l'albédo, et dépend principalement des caractéristiques de la surface d'interception (sa couleur, sa géométrie). Si c'est de la neige fraîche, l'albédo est de l'ordre de 0,8 (presque toute l'énergie reçue est

réfléchi, ce qui explique la persistance des manteaux neigeux) ; si c'est de l'eau, l'albédo est proche de 0 (presque toute l'énergie reçue est absorbée) ; si c'est un couvert végétal, il peut varier entre 0,15 et 0,3. Dans l'infrarouge, la terre reçoit aussi un rayonnement, dont la longueur d'onde est comprise entre 0,78 et 50 micromètres, émis par l'atmosphère, la couche nuageuse, et dans une moindre mesure le soleil ; mais la terre réémet également un rayonnement vers l'univers dans ces mêmes longueurs d'onde. Le bilan radiatif (figure 2) est la différence entre la partie du rayonnement solaire incident absorbé par le sol et par l'atmosphère et le rayonnement infrarouge thermique que la surface et l'atmosphère renvoient vers l'espace. C'est une composante essentielle du climat terrestre.

Pour maintenir l'équilibre énergétique du système Terre, et que sur une longue période de temps la température de la Terre reste constante, globalement la planète réémet, une quantité d'énergie équivalente aux 342 watts/m² qui lui viennent du Soleil. En moyenne le bilan radiatif est donc nul. Réception et émission de ce rayonnement dans l'infrarouge peuvent représenter une part importante du bilan radiatif (20 à 50 %), et sont très à l'ordre du jour depuis quelques années, car ils gouvernent le phénomène d'effet de serre.

On explique ainsi sommairement ce phénomène : l'atmosphère absorbe une partie du rayonnement infrarouge émis par la terre, et certains gaz émis par suite des activités humaines (le CO₂, le CH₄, le N₂O) favorisent fortement cette absorption. Ce faisant, tout se passe comme si, à l'image d'une serre, ce rayonnement était retenu par l'atmosphère, et donc contribuait à son réchauffement. L'augmentation de la teneur de l'atmosphère en ces différents gaz ne modifie pas la composante radiative issue du soleil, mais augmente la rétention de chaleur par l'atmosphère dans l'infrarouge.

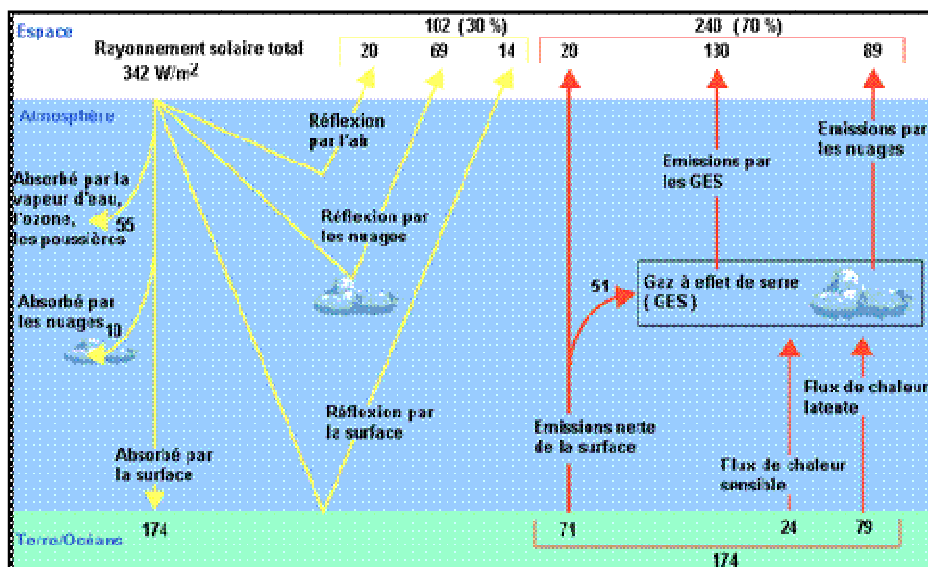


Figure 2: le bilan radiatif

Source : <http://13millennium.com>

En parlant d'effet de serre, on fait référence à certains gaz. Dans l'atmosphère terrestre, les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et les chlorofluorocarbures (CFC). Les CFC ont une origine exclusivement anthropique, alors que le CO_2 , le CH_4 et le N_2O ont une double origine, naturelle et anthropique. De loin, la plus abondante dans l'atmosphère, la vapeur d'eau n'est pas directement reliée aux activités de l'homme. Les quantités respectives de ces gaz dans l'atmosphère, leur pouvoir de réchauffement global et leur durée de vie dans l'atmosphère sont indiquées dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Concentration, durée e vie des GES dans l'atmosphère et pouvoir de réchauffement global

Gaz à effet de serre	Concentration dans l'atmosphère	Pouvoir de réchauffement global (PRG relatif / CO_2 (à 100 ans)	Durée de séjour approximative dans l'atmosphère
Vapeur d'eau (H_2O)	3 à 4 %		
Dioxyde de carbone (CO_2)	365 ppmv	1	100
Méthane (CH_4)	1,73 ppmv	21	12
Protoxyde d'azote (N_2O)	0,3 ppmv	310	120
Chlorofluorocarbures (CFC-11)	274 pptv	12400	-
Chlorofluorocarbures (CFC-12)	488 pptv	15800	-
Ozone (O_3)	0.05 ppmv	-	-
Perfluorocarbures (C_nF_{2n+2})	-	6500 à 8700	-
Hydrofluorocarbures ($C_nH_mF_p$)	-	140 à 11700	-
Hexafluorure de soufre (SF_6)	2,3 pptv	23900	-
Halocarbures ($C_xH_yHal_z$)	-	-	Plusieurs siècles

Source des données : BRAHIC A. et al., 1999

ppmv : parties par million de volumes. 0,000 1%

pptv : parties par trillion de volumes. 0,000000000 1%

Les gaz à effet de serre n'ont pas tous la même capacité d'absorption du rayonnement infrarouge; en clair, leur efficacité en termes d'effet de serre est variable. Pour qu'un gaz puisse jouer un rôle dans l'effet de serre, il faut qu'il ait des propriétés d'absorption, et donc de réémission, dans le domaine d'émission du système Terre-atmosphère considéré comme un corps noir autour de 260-280 K. Ce domaine spectral correspond à l'infrarouge thermique entre 4 microns et 40 microns. Dans ce domaine, les molécules considérées absorbent un photon et passent d'un état fondamental à un état excité de vibration. Cette capacité d'absorption est alors directement liée aux propriétés spectroscopiques des molécules et donc à leur structure (capacité à "vibrer"). Les molécules diatomiques comme le diazote (N_2) et le dioxygène (O_2) n'ont pas cette capacité de vibration et donc n'absorbent pas le rayonnement dans le domaine des longueurs d'onde infrarouge. Elles ne jouent donc pas de rôle dans l'effet de serre.

La capacité des constituants atmosphériques à piéger le rayonnement infrarouge est donc liée à leurs propriétés de structure moléculaire. Et leur rôle relatif dans l'effet de serre est alors fonction de leur concentration dans l'atmosphère et du degré d'absorption du spectre déjà effectuée, qui est elle aussi liée à cette concentration relative. Ainsi, l'effet de serre naturel est principalement dû à H_2O et CO_2 . Compte tenu des concentrations actuelles de ces gaz dans l'atmosphère, aux longueurs d'onde considérées, l'absorption du rayonnement est totale. Une augmentation de concentration de ces gaz ne conduit pas alors à une augmentation proportionnelle de l'absorption car la relation n'est pas linéaire. Ceci explique que le doublement du gaz carbonique de 350 ppmv à 700 ppmv ne conduise qu'à un apport d'énergie supplémentaire de 4 W/m² alors que l'effet actuel (qui correspond à un passage de 0 ppmv à 350 ppmv) est d'environ 50 W/m². C'est aussi, ce qui explique que des constituants moins abondants comme le méthane (1,7 ppmv), l'ozone (0,05 ppmv) ou les CFCs (760 pptv) puissent au final jouer un rôle relatif important dans l'effet de serre additionnel. Leurs bandes d'absorption sont situées à des longueurs d'onde différentes de celles de H_2O et CO_2 .

Dans le rôle des gaz à l'effet de serre, deux aspects importants à prendre en compte sont donc : leur pouvoir de réchauffement global et leur durée de vie dans l'atmosphère. Tous les gaz ne contribuent pas de la même manière à l'effet de serre puisqu'ils

n'ont pas tous les mêmes bandes d'absorption. Cependant, pour comparer leur potentiel, on les compare au CO₂ sur une durée de 100 ans et on calcule leur "pouvoir de réchauffement global" (PRG).

Le pouvoir de réchauffement global d'un gaz se définit comme le "forçage radiatif" (c'est à dire la puissance radiative que le gaz à effet de serre renvoie vers le sol), cumulé sur une durée qui est conventionnellement fixée à 100 ans, d'une quantité de gaz donnée. En gros c'est une notion qui permet d'appréhender à la fois sa "puissance instantanée" (le forçage radiatif), découlant de ses raies d'absorption, et sa durée de vie, puisque sur 100 ans nous ne sommes pas loin de la durée de vie de l'essentiel des gaz à effet de serre. Cette valeur ne se mesure pas dans l'absolu, mais relativement au CO₂. Le PRG d'un gaz est donc "combien de fois plus" (ou combien de fois moins) un gaz "fait d'effet de serre sur 100 ans" s'il est émis en même quantité que le CO₂.

Il est cependant important de savoir qu'il existe des "zones de recouvrement" entre les différents gaz à effet de serre : plusieurs d'entre eux absorbent les mêmes longueurs d'onde, ce qui fait que l'effet d'un supplément d'un des gaz n'est pas indépendant de la proportion des autres gaz déjà présents dans l'atmosphère.

Le PRG est donc une manière simplifiée de représenter les choses : si l'on voulait être exact, chaque PRG serait une fonction non seulement de la capacité d'absorption propre de chaque gaz et de sa durée de vie dans l'atmosphère, mais aussi de la concentration des autres gaz déjà présents.

Les gaz à effet de serre, une fois dans l'atmosphère, n'y restent cependant pas éternellement. Ils peuvent être retirés de l'atmosphère :

- soit par suite d'un phénomène physique. Par exemple la pluie, phénomène physique de condensation, enlève de la vapeur d'eau de l'atmosphère ;
- soit par suite d'un phénomène chimique intervenant au sein de l'atmosphère. C'est le cas pour le méthane, qui s'élimine par réaction avec des radicaux OH naturellement présents dans l'atmosphère, pour donner du CO₂ ;
- soit par suite d'un phénomène chimique intervenant à la frontière entre l'atmosphère et les autres activités de la planète. C'est le cas pour le CO₂, qui est réduit par la photosynthèse des plantes, ou qui est dissous dans l'océan pour finir par donner des ions bicarbonate et carbonate (le CO₂ est chimiquement stable dans l'atmosphère) ;

- soit par suite d'un phénomène radiatif. Par exemple les rayonnements électromagnétiques énergétiques de courtes longueurs d'onde émis par le soleil et les rayons cosmiques (qui sont de même nature que les rayons émis par une source radioactive) "cassent" des molécules dans la haute atmosphère. Une partie des halocarbures disparaît de cette façon (ce sont généralement des molécules trop stables pour disparaître par réaction chimique dans l'atmosphère) ainsi que de l'oxygène qui se transforme en ozone et vice versa.

Mis à part la vapeur d'eau, qui s'évacue en quelques jours, les gaz à effet de serre mettent très longtemps à s'en aller de l'atmosphère. Il n'est pas encore possible de savoir avec précision combien de temps est nécessaire, d'autant plus que les phénomènes qui déterminent leur destination dépendent de toutes les activités de la biosphère en général et aussi des activités humaines. On a malgré tout une estimation de la durée de séjour, c'est à dire du temps qui est nécessaire à ce que le gaz en surplus disparaisse de l'atmosphère, pour les principaux d'entre eux.

Les scientifiques s'accordent pour dire que la vapeur d'eau est la plus grande responsable de l'effet de serre. Au second rang c'est le CO₂. En effet, en tenant compte des teneurs actuelles des gaz et de leur efficacité à agir comme gaz à effet de serre, on peut dire, en simplifiant les calculs, que dans l'atmosphère terrestre actuelle, c'est le CO₂, après l'eau, qui est le grand contributeur à l'effet de serre; le méthane représente l'équivalent d'un dixième de la contribution du CO₂, le N₂O un centième et les CFC de un à deux centièmes. Il n'est donc pas surprenant que l'on cible les émissions de CO₂ dans l'analyse des causes du réchauffement planétaire. Par ailleurs, si les CFC ne sont pas de grands contributeurs à l'effet de serre, il n'en demeure pas moins qu'ils sont extrêmement nocifs pour la couche d'ozone.

L'effet de serre qui est au départ un phénomène naturel, est influencé par les activités humaines qui émettent des gaz supplémentaires qui s'accumulent dans l'atmosphère et y provoquent ce qu'on appelle un "forçage radiatif", c'est à dire une modification de la quantité d'énergie retenue par l'effet de serre. Ce forçage peut augmenter l'effet de serre (on parle alors de forçage radiatif positif) comme il peut le diminuer (forçage radiatif négatif). A l'heure actuelle, selon les experts du GIEC, les activités humaines ont provoqué un forçage radiatif positif d'environ 1%. C'est à dire que l'ensemble des activités humaines ont contribué à augmenter l'effet de serre de 1%. Cela peut paraître peu, pourtant cela revient à dire que les êtres humains ont fait "comme si" le Soleil lui-même avait augmenté son rayonnement de 1%. Ce n'est pas la première fois qu'une telle chose se produit dans l'histoire de la Terre.

Cependant, ce qui est unique c'est la vitesse avec laquelle ce forçage intervient. Jamais depuis que l'être humain est apparu sur Terre les variations n'ont été aussi importantes et aussi brusques. C'est justement ce qui pousse certains scientifiques à considérer l'homme comme le grand responsable de l'augmentation des températures constatée depuis le siècle dernier. Les scientifiques s'accordent à penser que dans l'hypothèse, qui pourrait bien se révéler exacte d'un doublement de l'équivalent CO₂ de l'ensemble des concentrations de gaz à effet de serre, l'atmosphère terrestre devrait encore se réchauffer de 1.4 à 5.8 °c de 1990 à 2100 (IPCC, 2001)

1.1.2 : **Les changements climatiques, un phénomène bien perçu par les paysans**

Le climat est l'ensemble des conditions atmosphériques et météorologiques propres à une région du globe (en grec *klima* signifie "inclinaison"). Pris dans ce sens, il n'existe pas de terme générique pour désigner le climat au sein de la plupart des communautés maliennes. Pour désigner le climat, le terme *waati* emprunté à l'arabe (en arabe *waqada* signifie le temps) est utilisé. Il a un double sens : il désigne dans un premier temps le temps définit comme un état passager, éphémère de l'atmosphère et qui varie d'un jour à l'autre, d'un moment de la journée à un autre. Par extension, il désigne aussi une période de temps décelable par des modifications de certaines propriétés (température, précipitation, nébulosité, vent, etc.). Ces modifications qui sont directement perçues par les populations, persistent pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les populations arrivent ainsi à mettre en évidence et à caractériser des tendances et des cycles (durée, ampleur, occurrence, forme, ...). En parlant du climat, elles en concluent que les temps changent, « *waati yelemana* ».

Donc, leur climat change et les principales caractéristiques de ce changement se résument à un décalage des saisons pluvieuses et sèches au cours de l'année, à une modification de la répartition des quantités précipitées au sein des saisons des pluies, au sein de la distribution de la pluviométrie journalière et à une diminution du nombre de jours de pluie par an. Dans le cadre de cette étude, ces mêmes caractéristiques seront prises en compte. Elles seront comparées autant que possible aux valeurs centrales (moyennes, normales) des séries chronologiques. Ce qui est sûr, ce que tous les paysans du cercle (pour nous limiter à notre

zone d'étude) affirment que le temps et par extension le climat, à changer. Ils vivent déjà ce changement qui les affecte et les rend plus vulnérables.

1.1.3 : **La vulnérabilité aux changements climatiques, un phénomène complexe**

La vulnérabilité humaine aux changements environnementaux est un phénomène complexe. Sa complexité égale celle des processus écologiques dont certains liens de cause à effet ne sont pas encore pleinement élucidés malgré des siècles de recherche scientifique (AOE 2002). Les origines de la vulnérabilité aux changements environnementaux sont naturelles et humaines, mais il est difficile et même inapproprié de vouloir les étudier séparément parce que les deux s'influencent mutuellement pour constituer un cercle vicieux (FAO 2000).

La vulnérabilité est considérée comme une variable continue dont la vulnérabilité constitue le segment négatif et la sécurité le segment positif. Les deux principales composantes de la vulnérabilité sont l'exposition aux risques environnementaux (ou aux imprévus, aux chocs et aux contraintes) et la capacité à faire face (la résilience) qui garantit la sécurité (PNUE 2002). Le GIEC ajoute un 3^e paramètre, la sensibilité du système. Il précise cette définition en plaçant la vulnérabilité dans le contexte des changements climatiques : *« le degré auquel un système est sensible à des effets néfastes des changements climatiques ou capable d'y faire face, y compris les effets de la variabilité du climat et de ses extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation »* (IPCC 1995; KELLY P.M. et ADGER W.N., 2000).

Le continuum vulnérabilité/sécurité humaine est une suite de situations allant d'un état indésirable (la vulnérabilité) à un état désirable (la sécurité), chacun étant assorti d'une série de caractéristiques (figure 3).



Figure 3: Continuum vulnérabilité / sécurité humaine

Source : AEO, 2002

Le continuum vulnérabilité / sécurité humaine montre de quelle manière la vulnérabilité et la sécurité se définissent en terme de capacité à faire face. Cette capacité augmente à mesure qu'on s'éloigne de l'état de vulnérabilité pour se rapprocher de la sécurité. Les individus et les groupes se situent à différents stades du continuum en fonction de la situation socioéconomique de chacun et peuvent être classés très schématiquement en quatre catégories :

- risque élevé et faible capacité à faire face ;
- risque élevé et forte capacité à faire face ;
- risque faible et faible capacité à faire face ;
- risque faible et forte capacité à faire face.

La plupart des pays africains se situent dans la catégorie « risque élevé et faible capacité à faire face ». Comme le souligne Klaus Töpfer, Secrétaire général adjoint des Nations Unies et Directeur exécutif du PNUE « *les êtres humains obligés de lutter pour survivre sont les plus vulnérables face aux changements environnementaux et ils souffrent davantage de leurs effets* ».

Pour les pays les moins avancés (PMA), où les systèmes sociaux et économiques sont déjà parmi les plus faibles du monde (encadré 2), les changements climatiques accroissent le risque (plus d'exposition), alors que les capacités du système à s'adapter tendent à diminuer. Dans plusieurs cas, on peut parler d'une *fragilisation* des milieux naturels (raréfaction du

couvert végétal en zones arides, déforestation massive et pertes de biodiversité en zones humides, réduction ou abandon de pratiques régénératrices telles que la jachère et la transhumance, mise en culture de terres marginales, concentration du bétail sur des espaces réduits, etc.).

Ainsi, les PMA et la plupart des pays d'Afrique sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques et à la variabilité climatique. Cette vulnérabilité est due au fait que leurs économies dépendent d'activités étroitement liées au climat, principalement les cultures sèches (c.à.d. des cultures non irriguées) et à l'exploitation des ressources naturelles dont la surexploitation peut faire augmenter la vulnérabilité. Cette vulnérabilité est souvent accentuée par une pauvreté endémique, des infrastructures défaillantes, un degré élevé d'analphabétisme et des conflits tribaux.

Encadré 2 : Les communautés les plus vulnérables, selon le GIEC

En général :

« Les industries, les habitations et les sociétés les plus vulnérables sont généralement celles localisées dans les zones côtières inondables et les plaines alluviales, celles dont les économies dépendent étroitement de ressources sensibles au climat, et celles situées dans des zones sujettes aux événements climatiques extrêmes, particulièrement là où se produit une urbanisation rapide. »

« Les communautés défavorisées peuvent être particulièrement vulnérables, notamment celles concentrées dans des zones à haut risque. Elles tendent à avoir moins de possibilités d'adaptation, et sont plus dépendantes de ressources sensibles aux changements climatiques telles que les ressources locales en eau et les ressources alimentaires. »

« L'adaptation concernant les régions côtières sera plus difficile dans les pays en voie de développement que dans les pays développés, à cause des contraintes pesant sur leur capacité d'adaptation. »

« Des facteurs qui conditionnent directement la santé des populations, comme l'éducation, les soins, la prévention publique en matière de santé, les infrastructures et le développement économique auront une importance cruciale sur le niveau de vulnérabilité des populations. »

Pour l'Afrique :

« De nouvelles études confirment que l'Afrique est un des continents les plus vulnérables à la variabilité et aux changements climatiques, à cause des multiples pressions qu'elle subit et de sa faible capacité d'adaptation. On observe une certaine adaptation à la variabilité climatique actuelle ; cependant, celle-ci risque d'être insuffisante face aux changements climatiques futurs. »

« A l'échéance 2020, les projections indiquent que 75 à 250 millions de personnes seront exposées à une augmentation du stress hydrique lié aux changements climatiques. Si ce changement est couplé à une demande d'eau accrue, il influera négativement sur les moyens de subsistance et aggravera les problèmes liés à l'eau. »

« Selon les projections, la production agricole, y compris l'accès à la nourriture dans de nombreux pays et régions africains est sévèrement compromise par les changements et la variabilité climatiques.

On s'attend à des réductions des surfaces propres à l'agriculture, de la longueur des périodes de végétation et du potentiel de production, particulièrement en marge des zones semi-arides et arides. Cela aurait un effet négatif supplémentaire sur la sécurité alimentaire et aggraverait la malnutrition sur le continent. Dans certains pays, les rendements des productions non irriguées pourraient être réduits de plus de 50 % d'ici 2020. »

« La production locale de nourriture sera touchée défavorablement par la décroissance des ressources halieutiques dans les grands lacs à cause de l'élévation des températures de l'eau, qui peut être exacerbée par la surpêche. »

Source : GIEC, 2007

Enfin, il est important de noter que, même si ce sont les collectivités les plus pauvres des PMA qui sont les plus vulnérables, les impacts auxquels elles seront assujetties auront des répercussions beaucoup plus larges car leur capacité d'adaptation est plus faible.

1.1.4 : **L'adaptation, un concept ancien et polysémique**

L'adaptation n'est ni un concept récent ni un concept limité aux changements climatiques. Depuis le début des temps, les humains se sont adaptés aux modifications environnementales, réagissant par changements génétiques, par ajustement corporel (ex. : perte de poids en période de famine), par acclimatation (ex. : changement de couleur de la peau pour se protéger du soleil) et par des pratiques culturelles et technologiques (ex. : faire la sieste à l'heure où le soleil est trop chaud pour travailler) (O'NEIL D. 2008). Toutefois, le concept d'adaptation n'est pas accepté de la même manière dans les différentes disciplines scientifiques (SIMONET G. 2009).

« Adapter » provient du latin *apere* (lier, attacher), dont le participe passé *aptus* (apte) ajouté à la locution *ad* (à, vers) a donné le verbe *adaptare* qui veut dire ajuster à, en vue de (REY A. 2006). Emprunté au latin au XIII^e siècle, « adapter » apparut au sens concret (appliquer), puis au figuré (mettre en accord avec quelque chose) (SIMONET G. 2009). Certains usages disparurent (s'adapter contre quelqu'un) et l'emploi actuel de « s'adapter » émergea au XVI^e siècle, accompagné de dérivés 'aptitude', 'approprié' ou 'adhérer' (REY-DEBOVE J. et REY A. 2007).

«Adaptation » dérive du latin médiéval *adaptatio*, attesté au XIII^e siècle, mais généralisé en français puis en anglais au XVI^e siècle pour désigner l'action d'adapter au sens d'ajuster (SIMONET G. 2009). En rhétorique, le terme exprime la convenance à une situation (1578), sens repris au XIX^e siècle pour indiquer la transformation d'une œuvre à une forme

nouvelle (SIMONET G. *op cit*). En 1789, « l'ajustement entre deux choses » est la seule définition mentionnée (CORMON F., 1789 cité par SIMONET G., 2009).

Au XIXe siècle, grâce à l'essor de la biologie, l'adaptation inclut l'idée de modification, pour ensuite prendre toute sa dimension sémantique à travers son appropriation transdisciplinaire, notamment en psychologie, et sa transposition en sociologie (TACHE A., 2003). L'antonyme « inadaptation », apparu en 1931, provient également du latin *inaptus*, ayant donné « inapte » ou « inapproprié ». Il reste utilisé en psychologie, tout comme « désadaptation » [perte de l'adaptation] (1894) et « réadaptation » (1904) (SIMONET G., 2009). L'encadré 3 résume les définitions du concept d'adaptation et des concepts associés selon plusieurs disciplines bien avant que la question du changement climatique ne lui donne un nouveau sens politique.

Encadré 3 : définitions du concept d'adaptation et des concepts associés selon plusieurs disciplines

Disciplines	Définition	Concepts associés
Biologie	«On entend par adaptation biologique l'ensemble des corrélations internes et externes (relations organismes-milieu) qui font qu'un organisme peut vivre d'une certaine manière dans un habitat donné, et y contribuer à la perpétuation de l'espèce à laquelle il appartient » (Bocquet, 2002).	Évolution Interactions Acclimatation
Psychologie	« Processus qui entoure l'incessante interaction entre l'homme et le monde dynamique dans lequel il évolue et interagit » (Jakubowicz, 2002).	Équilibration Habituation
Anthropologie	« Processus par lequel les organismes ou populations d'organismes effectuent des ajustements biologiques ou comportementaux qui facilitent ou assurent leur succès reproducteur, et donc leur survie, dans leur environnement. Le succès ou l'échec des réponses adaptatives peuvent uniquement se mesurer sur le long terme et les conséquences évolutives des comportements observés ne sont pas prédictibles » (Bates, 2005).	Ajustement Comportement
Sociologie	Malgré des racines entremêlées avec la biologie, la sociologie utilise peu le concept d'adaptation, préférant les termes acculturation, déviance ou socialisation. Le concept d'adaptation en sociologie existe néanmoins via l'adaptation sociale, qui s'attarde sur les changements, chez l'individu, à l'origine du développement des aptitudes à s'intégrer et à acquérir un sentiment d'appartenance à un groupe (Boudon, 2002).	Intégration Socialisation Acculturation
Géographie	L'école de géographie de Chicago emprunta à l'écologie le concept d'adaptation. Elle le définit comme le fruit de choix délibérés afin d'échapper aux contraintes du milieu. Elle se démarque ainsi du déterminisme biologique issu de la sélection naturelle en s'appuyant davantage sur la notion d'ajustement. Pour les tenants de cette école, l'objet de la géographie est l'ajustement de l'homme à l'environnement et non à l'influence de cet environnement. (Barrows, cité par Reghezza, 2007).	Ajustement

Source : SIMONET G., 2009

1.1.4.1 L'adaptation en géographie

Le concept d'adaptation utilisé en géographie se rapproche de la notion de milieu naturel, qui implique l'intégration du physique au social et du naturel au culturel (SIMONET G., op cit). Cette notion s'est d'abord développée en un sens déterministe dans sa relation avec les êtres vivants, avant d'intégrer une vision complexe, interdisciplinaire et systémique (BLANC-PAMARD C., 2007). Les contributions sur la répartition géographique et l'influence du milieu sur les populations apparaissent au XVIIIe siècle, dans la foulée des explorations maritimes. L'argument explicatif y va du dessein divin, lequel a « toujours bien accueilli les théories environnementales, parce que ces deux systèmes reposent sur le concept d'adaptation » du vivant à son environnement (GLACKEN C.J., 2007). L'idée d'une humanité modifiant son milieu (via l'action collective, selon Comte) apparaît au XIXe siècle, créant les notions de paysage naturel ou transformé. Tout comme en biologie, le concept d'adaptation en géographie fut débattu, au cours d'une analyse épistémologique guidée par les réflexions autour de la place à donner à l'homme dans la nature (SIMONET G. 2009). Plusieurs auteurs focalisèrent sur l'influence du milieu sur l'homme, sa culture ou ses traits de caractère. Le behaviorisme en marqua l'extrême. Ce courant de pensée trouve que le milieu, doté d'une puissante influence, domine l'hérédité et la génétique des individus. Selon ce même courant, les comportements sont des réponses neurobiologiques ou d'adaptations aux stimuli du milieu.

Malthus évoque les limites que l'environnement impose à la vie. L'accélération des progrès techniques concernant l'extraction des ressources, les connaissances sur les transformations de la nature et l'évolution engendrèrent une recherche multidisciplinaire autour des relations homme/nature (MORAN E.F., 2000). Par la suite, la géographie physique qui prévalait jusque là, fut contrebalancée par une géographie intégrant l'humain (REGHEZZA M., 2007). Aux États-Unis, des liens tissés entre l'écologie et la géographie teintèrent les différentes écoles de pensée du XXe siècle.

Les années 1920 virent se constituer une sociologie urbaine, étudiant les rapports entre l'homme et son environnement urbain, devenu l'environnement naturel de l'homme en société (PHILIFERT P., 2007 cité par SIMONET G., 2009). L'école de géographie de Chicago emprunta à l'écologie le concept d'adaptation pour le définir comme le fruit de choix délibérés afin d'échapper aux contraintes du milieu. Elle se démarque ainsi du déterminisme

biologique issu de la sélection naturelle en s'appuyant davantage sur la notion d'ajustement. Pour cette école, l'objet de la géographie est l'ajustement de l'homme à l'environnement et non à l'influence de cet environnement (BARROWS, cité par REGHEZZA M., 2007). Par la suite, cette notion d'ajustement, réponse occasionnelle à un événement ponctuel, se délimita du concept d'adaptation, processus de longue haleine dont la capacité permet de réduire la vulnérabilité des systèmes sociaux face aux crises (BURTON I. et al. 1993).

Dans les années 1960, les recherches sur les catastrophes naturelles portèrent sur les interactions entre système social et environnement, et sur la réponse sociale face à l'existence d'un risque. Les travaux interdisciplinaires furent orientés vers : l'analyse de l'adaptation des populations aux risques naturels via la capacité d'y faire face et d'y répondre ; l'étude des choix des ingénieurs dans les politiques publiques ; l'analyse de l'influence des facteurs perceptifs et cognitifs ; ainsi que l'élaboration du concept de vulnérabilité. Récemment, une géographie de l'adaptation est évoquée par MAINGUET M. (2003) dans le cadre de ses études sur la place de l'homme dans les milieux secs, tandis que PUMAIN D. (2007) définit les villes comme autant d'objets complexes et évolutifs dotés d'une remarquable capacité d'adaptation et de transformation.

1.1.4.2 De l'adaptation au climat à l'adaptation aux changements climatiques

La conférence de Nairobi sur le changement climatique, en novembre 2006, marque un tournant dans l'attention accordée à la politique d'adaptation. En effet, c'est lors de cette conférence, que l'ONU à travers son Secrétaire Général lance un appel pour des mesures urgentes d'adaptation au bénéfice des pays pauvres qui sont les plus touchés, mais aussi ceux qui contribuent le moins aux émissions de CO₂. L'idée consiste à instaurer une taxe CO₂ mondiale pour financer l'adaptation et réparer cette injustice du changement climatique.

La thématique de l'adaptation a depuis envahi l'agenda international. Et, au plus haut niveau, il est soutenu que l'action ne peut plus être confinée à la réduction des émissions, parce que le changement climatique est inévitable et l'*adaptation* constitue une composante essentielle de toute action de prévention et de protection (SMITH J. B. et al. 2003). Le GIEC (2001) définit l'adaptation au CC comme « *l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques* ». Dans cette optique, l'adaptation consiste à

composer avec les impacts actuels et futurs des changements climatiques (adaptation active) ou à se préparer à ces impacts (adaptation proactive) (IPCC, 2005). Dans ce contexte, les populations doivent apprendre à se préparer et à réagir à des événements inattendus et localement nouveaux ainsi qu'à des discontinuités dans les tendances météorologiques (GUNDERSON L. H., 2003). Elles doivent également développer leur *résilience* aux changements climatiques, c'est-à-dire leur capacité d'absorber ce type de choc et de poursuivre, renouveler ou réorganiser leur fonctionnement (FOLKE C., 2006).

En pratique, l'adaptation est l'ensemble des facultés et des pratiques développées et mises en œuvre par les sociétés pour pérenniser leur existence au cours du temps, notamment pour traverser des périodes de crise. Les modes d'adaptation sont variables d'une société à une autre et d'un contexte à l'autre. Mais ils doivent être compatibles avec les moyens de subsistance des populations et le niveau de développement des pays. Cette affirmation soulève l'importance du rôle central que doivent jouer les communautés durant l'élaboration des stratégies d'adaptation et la mise en œuvre des projets. Les populations locales possèdent des connaissances uniques en ce qui concerne leurs milieux naturels, sociaux et économiques. Elles sont les mieux placées pour prendre les décisions qui répondront le mieux à leurs besoins. Ici on cherche à soulever l'importance de l'approche « bottom-up » en adaptation, ou « adaptation ascendante », ainsi que le principe de la subsidiarité. C'est dans cette optique que l'adaptation sera considérée dans cette étude.

1.1.5 : **Le système agraire**

Un autre concept dont nous usons dans cette recherche est le système agraire. L'emploi qui est fait de ce concept est fort disparate et recouvre des pratiques et des objets d'étude très diversifiés (JOUVE Ph., 1988). Trois définitions retiennent notre attention. Dans son article sur la spécificité et l'identification des systèmes agraires publié en 1988, Jouve écrit que la définition du système agraire la plus ancienne est celle que Cholley a donnée en 1946. Selon cette définition, le système agraire évoque d'abord une conception psychologique plus ou moins collective. Elle résulte des apports de toute une série de générations et comprenant des tendances ethniques, des traditions, des expériences individuelles, des échanges avec d'autres groupements humains, etc. qui règlent le choix des cultures et leur combinaison, c'est-à-dire la manière de les répartir sur la terre. Le système agraire répond ensuite à une organisation du travail (outils, attelages, main-d'œuvre) (JOUVE Ph., op cit). Il poursuit en considérant les

systèmes agraires comme partie d'un ensemble complexe d'éléments en combinaison. Cette combinaison, comme la plupart de celles qui sont l'expression d'une activité humaine, est d'ordre à la fois physique, biologique et humain.

La deuxième définition est celle de Vissac toujours cité par JOUVE Ph. (1988). Pour lui, un système agraire est l'expression spatiale de l'association des productions et des techniques mises en œuvre par une société en vue de satisfaire ses besoins. Il exprime en particulier l'interaction entre un système bioécologique représenté par le milieu naturel et un système socioculturel, à travers des pratiques issues notamment de l'acquis techniques ».

Enfin, la troisième définition est celle de MAZOYER M. (1987) pour qui un système agraire, c'est d'abord un mode d'exploitation du milieu historiquement construit et durable, un système de forces de production adapté aux conditions bioclimatiques d'un espace donné et répondant aux conditions et besoins sociaux du moment.

Deux dimensions ressortent de ces trois définitions : celle de la société acteur principal et qui constitue le domaine d'application du système agraire, et la dimension spatiale dans laquelle s'inscrivent les relations qui déterminent le fonctionnement des systèmes agraires. Enfin sont mentionnés deux éléments essentiels de toute définition d'un système : sa finalité (satisfaire les besoins de la société concernée) et les conditions de son devenir historique lié à sa reproductibilité dans le temps qui pose le problème de l'évolution des systèmes agraires.

Pour notre part et au regard des définitions ci-dessus évoquées, nous considérons le système agraire comme étant les modes d'exploitation agricole d'un espace donné par une société. Ces modes d'exploitations résultent de la combinaison de facteurs naturels, socioculturels, économiques et techniques. Il ressort qu'un système est d'abord un ensemble d'éléments.

1.1.5.1 Les composantes d'un système agraire

A la suite de Jouve, on peut en distinguer trois grands groupes :

- les éléments du milieu naturel qui détermine le mode d'exploitation agricole de l'espace considéré (les sols, le climat, la végétation naturelle). Ils correspondent à notre géosystème décrit plus haut ;
- les éléments socio-économiques du peuplement humain qui sont en relation avec l'exploitation de l'espace occupé par ce peuplement. Ces éléments concernent aussi bien les caractéristiques démographiques de la société rurale considérée, que son organisation économique ou la nature des rapports

sociaux, le tout étant en partie héritage de l'histoire et produits d'une culture. Il correspond à notre sociosystème ;

- enfin les éléments caractérisant les techniques d'exploitation agricole du milieu, techniques considérées au sens large c'est-à-dire incluant aussi bien les techniques culturelles et zootechniques proprement dites, que l'outillage, le matériel végétal, les modes d'aménagement du milieu. Il se confond avec notre agrosystème.

1.1.5.2 Le fonctionnement du système agraire

Les éléments structurels tel que identifiés ne sont pas statiques et leur étude ne doit pas se limiter à leur simple description. L'approche systémique permet d'accéder au fonctionnement du système agraire en mettant à jour les relations, les interactions et les articulations spatiales et temporelles entre les éléments propres à chacun des trois grands types de composantes (JOUVE Ph., 1988, *op cit*). Comme l'affirme BACHELARD G. (1965) : « *C'est la relation qui dit tout, qui prouve tout, qui contient tout* ». Pour notre part, différentes mise en relation permettent d'appréhender le système :

- l'organisation sociale relative à l'utilisation et la gestion des ressources du milieu naturel. L'analyse des ressources à travers les pratiques d'appropriation, d'utilisation et d'échange qui leur sont propres permet de comprendre comment ces ressources sont gérées dans le temps et dans l'espace. La complexité et le degré de sophistication des règles produites par une société pour gérer ses ressources naturelles constituent de bons indicateurs de leur rareté et de leur caractère stratégique (JOUVE Ph., *op cit*) ;
- la gestion et l'organisation du travail dans le système agraire constitue un autre niveau de réflexion. Elles fournissent des éléments de compréhension du système technique et de sa dynamique historique. Les moyens techniques utilisés pour la maîtrise et la transformation du milieu constituent de bons indicateurs du stade d'évolution des sociétés rurales et du fonctionnement de leurs systèmes agraires ;
- une troisième mise en relation est celle qui s'établit entre la composante technique du système et le milieu physique. TALLEC M. (1986) nous rappelle, qu'hormis les situations les plus contraignantes où la survie d'un groupe est en jeu, les déterminants culturels et historiques influent tout autant que les données physiques du milieu sur l'organisation des systèmes agraires. Dans un contexte de changement climatique, les perceptions locales ainsi que les pratiques agricoles et leur évolution constituent autant de niveau de réflexion.

Ainsi, pour bien rendre compte du fonctionnement d'un système agraire, au delà des relations binaires, on est amené à mettre à jour les interrelations entre les trois pôles qui le constituent. Le système agraire se conçoit à une échelle beaucoup plus large, contrairement au système de production qui est conçu au niveau du groupe d'unités de production.

1.1.6 : **Le système de production**

Le débat scientifique s'accorde sur deux points : le premier point est que le système de production n'est pas visible. Il n'a pas d'existence objective et est construit par un observateur à partir d'un ensemble de données sélectionnées et reliées les unes aux autres.

Autre point d'accord, en matière d'analyse des systèmes de production agricole, est que la pratique française paraît se démarquer assez sensiblement de la *farming system research* anglo-saxonne, davantage tournée vers l'expérimentation et l'intervention. Un *farming system* se définit comme un arrangement unique et raisonnablement stable d'activités agricoles (farming entreprises) que le ménage gère (manages) d'une manière correspondant à l'environnement physique, biologique, socio-économique, et en accord avec ses objectifs, ses préférences et ses ressources. Selon BROSSIER J. (1987), trois catégories se dégagent dans la définition du concept de système de production :

- le système de production est centré sur la gestion (micro-économie). Il est « la combinaison des facteurs de production et des productions dans l'exploitation agricole », l'exploitation étant définie comme l'unité « dans laquelle l'agriculteur pratique un système de production en vue d'augmenter son profit ». (CHOMBART DE LAUWE et POITEVIN 1957 cité par BROSSIER J., *op cit*) ;
- une deuxième conception, externe à l'exploitation, insiste sur le caractère social, sur la stabilité et les changements des systèmes de production selon divers critères. On parlera par exemple de la diversité des systèmes de production (typologie). Ainsi, Reboul définit le système de production agricole comme un mode de combinaison entre terre, forces et moyens de travail à des fins de production végétale et/ou animale, commun à un ensemble d'exploitations. (REBOUL C., 1976). Pour DUFUMIER, il est une combinaison dans l'espace et dans le temps des ressources disponibles et des productions (végétale et animale). (DUFUMIER M., 2005). Le système de production est alors caractérisé ici par la nature des productions, de la force de travail (qualification) et des moyens de travail mis en œuvre et par leurs proportions.

Dans ces deux types de définition, soit centrée sur la gestion soit insistant sur la dimension « sociale », le système de production est le résultat de plusieurs combinaisons et se rapporte à l'ensemble de l'exploitation : un agencement particulier des facteurs de production, des choix techniques, une combinaison des productions.

La troisième conception associe une batterie de concepts qui s'emboîtent entre eux (BADOUIN R., 1987, MAZOYER M., 1985). Badouin réserve le terme système de culture et

d'élevage à la combinaison des spéculations. Il utilise celui de système de production pour l'emploi des ressources productives (ou facteurs de production), et leur répartition.

Quant au système d'exploitation, défini par le mode de fonctionnement des unités, il se rapporte aux formes de propriété ou d'usage des facteurs de production (exemple : exploitation individuelle, utilisation de salariés, formes d'organisation du travail, type de commercialisation). Ce système se rapporte aussi à la manière dont sont répartis les produits du travail (niveau d'autoconsommation, parts respectives des investissements et de la rémunération du travail) (BADOUIN R., 1987). MAZOYER M. (1985) pense qu'il serait judicieux de désigner par le terme générique de « systèmes agricoles », l'ensemble des notions et concepts par lesquels on prétend appréhender les processus de production agricole, leurs transformations et leurs variations. Il retient la nomenclature suivante par ordre d'extension croissant :

- opération technique ;
- itinéraire technique ;
- système de culture et d'élevage ;
- système de production ;
- système agraire. »

La multiplicité des définitions dénote de la difficulté à définir le concept système de production. Pour Couty, cette difficulté réside dans l'amalgame fait entre facteurs (inputs) et production (activité) (COUTY P., 1996 cité Soumaré, 2008). Pour cet auteur, la définition la moins ambiguë est celle de Sébillotte qui considère le système de production comme un ensemble structuré des productions végétales et animales retenues par un agriculteur dans son unité de production pour réaliser ses objectifs.

Si on se situe dans la perspective d'analyse globale et sociale, le concept de système de production devient un outil d'analyse des exploitations agricoles (Allegre, 2010). La caractérisation des systèmes de production consiste à mettre en évidence comment les exploitants associent plusieurs activités et techniques agricoles dans leurs exploitations en fonction de la diversité des conditions écologiques (SOUMARÉ M., 2008)

L'analyse en termes de systèmes de production favorise une vision globale et synthétique. On pourrait parler d'approche horizontale ou « transversale » par opposition à une « approche verticale » du type filière-plante. Cette démarche permet d'aborder à la fois les questions relevant de la production agricole et celles de la reproduction sociale.

Réaliser une étude sur les systèmes de production revient à souligner l'importance de la notion de centre de décision. Celle-ci permet de situer le système et d'en saisir la cohérence. Enfin raisonner en termes de système conduit à mettre l'accent sur les trajectoires des unités de production, donc sur leur histoire. Il est important de voir comment ce concept à évoluer.

1.1.7 : **La classification récente de la recherche sur les systèmes de production agricole (Farming Systems Research – FSR)**

L'expression *Farming Systems Research* (FSR) a été attribuée à une démarche particulière de recherche adaptative. Au départ, elle se référait à un ensemble relativement bien défini de méthodes et d'objectifs, mais avec le temps sa signification s'est étendue et recouvre aujourd'hui une large gamme d'activités de recherche ayant le système agricole comme cadre d'analyse. En outre, d'autres noms sont constamment inventés pour de nouvelles approches qui ne diffèrent que par des détails. Il en résulte une inévitable confusion.

Beaucoup de chercheurs soutiennent que le terme FSR a perdu quelque peu sa crédibilité par le fait qu'il est devenu une mode. Les chercheurs FSR ont rendu un mauvais service à eux-mêmes et à leurs efforts en créant continuellement de nouveaux termes inutiles dans leurs travaux, souvent semble-t-il, non pour des raisons scientifiques, mais par fantaisie poétique, ou pour une étiquette institutionnelle (PLUCKNETT D.L. et al. 1987). Toutefois, il renferme un concept trop important pour être abandonnée. Plusieurs tentatives ont été faites pour lever la confusion et classer les différentes approches à la recherche sur les systèmes de production agricole. Les trois plus connues sont celles de SIMMONDS N.W. (1986), de MERRILL-SANDS D (1986) et celles développées par les Centres Internationaux de Recherche Agricole (METTRICK H., 1994). Elles sont présentées ci-dessous dans un ordre chronologie.

1.1.7.1 La classification de SIMMONDS

Simmonds distingue trois types de recherche sur les systèmes de production :

- la recherche sur les systèmes de production au sens strict qui est une étude des systèmes de production tels qu'ils se présentent en réalité, avec leur description, leur analyse, leur classification et leur compréhension. Sa profondeur peut varier, mais habituellement elle couvre bien les aspects agricoles, économiques et sociaux du système étudié. C'est une recherche de type essentiellement académique, bonne pour produire des doctorats, mais de peu d'utilité pour la recherche agronomique.

- la recherche en milieu paysan dans une perspective systémique (*On-farm research with farming system perspective -OFR / FSP*) qui débute comme une étude des systèmes *sensu stricto* avec une perspective systémique. Mais, elle ne va pas au-delà du minimum nécessaire pour le travail demandé. Elle utilise la perspective systémique pour définir l'expérimentation en milieu paysan nécessaire à un progrès sur le terrain. C'est un 'style' de recherche agricole qui repose sur l'hypothèse que les changements doivent être adaptés aux contextes des utilisateurs visés et que les expérimentations en station ne prédisent pas toujours l'expérience en milieu réel. Le 'style' OFR / FSP considère que le progrès doit être progressif plutôt que révolutionnaire et adopte un processus prudent, empirique et évolutif.
- Le développement de nouveaux systèmes de production (*New farming system development -NFSD*) s'oppose aux deux premiers types par le fait qu'il a introduit une révolution plutôt qu'une évolution. Ce type troisième type de recherche a mis en place un système radicalement nouveau *ab initio*. C'est une recherche agricole essentiellement concrète, qui se base en partie sur une perspective de systèmes. Elle se distingue de l'OFR / FSP plus en degré qu'en nature (les deux types de recherche visent à promouvoir un changement bénéfique), mais sa composante OFR est nécessairement moins forte et peut même être complètement absente. (SIMMONDS N. W., 1985)

1.1.7.2 La classification de Merrill-Sands

MERRILL-SANDS D. (1986) identifie six types de recherches sous le vocable de FSR, allant de la conception la plus étroite à la plus large.

- L'analyse des systèmes de production (*Farming system analysis -FSA*) qui est une analyse quantitative, en profondeur, d'un système de production existant. Son objectif est la compréhension de la structure des interactions à l'intérieur du système et la quantification des stocks et des flux. Elle contribue à enrichir la base d'informations dont dépend la recherche adaptative (FSAR). Le résultat typique est un modèle du système.
- La Recherche adaptative sur les systèmes de production (*Farming systems adaptive research – FSAR*). La FSAR est une recherche interdisciplinaire. Elle porte sur un groupe de systèmes de production relativement homogènes, caractérisés par des contraintes similaires. Elle fait appel au stock d'informations générées par la recherche stratégique et appliquée et à la connaissance qu'ont les paysans de leur environnement pour développer et affirmer à court terme des technologies destinées au système agricole visé. Les ménages agricoles sont impliqués dans le processus de recherche et les chercheurs s'efforcent de comprendre leurs objectifs, leurs besoins et leurs priorités afin de s'assurer de la pertinence des technologies développées. La FSAR est de nature locale et s'applique le mieux au niveau national et régional de la recherche agricole.
- La Recherche sur les composantes des systèmes de production (*Farming system component research – FSCR*). Elle correspond à une recherche en station qui vient en appui à la FSAR. Elle se distingue de la recherche agricole classique par le fait qu'elle répond spécifiquement à des problèmes identifiés dans les systèmes agricoles traditionnels. Elle s'efforce aussi de générer des modèles de technologies appropriées aux conditions de production et aux

besoins des petits paysans. C'est également une recherche interdisciplinaire réalisée dans une perspective systémique. Dans la même perspective, elle se concentre sur un sous-système particulier ou sur les modes de gestion d'une ressource précise.

- L'Analyse des données de base des systèmes de production (*Farming system base-line data analysis – FSBDA*). Dans la FSBDA les données de base sur une zone agro-climatique sont recueillies et analysées dans le but d'établir un diagnostic des contraintes principales et d'édifier une classification des principaux systèmes de production. Le rassemblement de données secondaires et la réalisation d'enquêtes à grande échelle sont les principales méthodes utilisées. La FSBDA est comparable à l'étape de diagnostic de la recherche adaptative. Mais elle se distingue par sa plus grande échelle d'investigation et une concentration plus grande sur les facteurs physiques et biologiques et non sur les facteurs socio-économiques. Les résultats sont généralement des cartes des ressources physiques, du climat et de l'utilisation des terres.
- Le développement de nouveaux systèmes de production (*New farming systems development –NFSD*). Cette expression est empruntée à Simmonds. D'après Merrill-Sands, cette recherche ne comprend qu'un petit nombre de concepts-clé de la FSR telle qu'elle a été conçue à l'origine. Son inclusion au terme générique de FSR dans la littérature a créé certaines confusions sur le sens réel de ladite FSR.
- Enfin, la recherche sur les systèmes de production et le développement agricole (*Farming systems research and agricultural – FSRAD*). La FSRAD combine la recherche agricole et la recherche sur les stratégies de développement. Le système de production est replacé dans le contexte plus large de l'environnement socioéconomique de la sous-région. Elle s'occupe d'un des problèmes fondamentaux du développement agricole, à savoir que la faiblesse des services d'appui et des infrastructures condamne des technologies autrement appropriées. La Recherche – Développement (R & D) est un exemple évident.

1.1.7.3 La classification des Centres Internationaux de Recherche Agricole (CIRA)

En février 1986, les Centres Internationaux de Recherche Agricole, réunis à l'ICRISAT, ont tenu un atelier sur la recherche sur les systèmes de production agricole. Une des sessions a été consacrée au cadre conceptuel de FSR. La plupart des orateurs ont considéré les systèmes de production comme une démarche, plutôt que comme une discipline de recherche distincte. Deux courants de recherche au sein de l'approche des systèmes de production ont été retenus par l'atelier. Bien que ces deux courants visent des objectifs similaires, ils sont conceptuellement différents. L'un cherche à concevoir des systèmes nouveaux de gestion des ressources naturelles pour les traduire éventuellement en pratiques agricoles tandis que l'autre cherche à comprendre les conditions de production de la petite paysannerie afin d'identifier les possibilités d'amélioration techniques qui pourraient être intégrées aux systèmes de production en place.

Dans un souci de simplification et de clarification, il ya une volonté générale – mais non partagée par tout le monde – de s’orienter vers l’adoption des trois termes suivants (IARC 1987):

- L’analyse des systèmes de production (*Farming Systems Analysis – FSA*). Le terme de FSA est utilisé pour décrire une analyse approfondie des systèmes de production existants, incluant tous les aspects socioéconomiques. Cette analyse est limitée à des études en milieu paysan et à des analyses de données.
- La recherche adaptative sur les systèmes de production (*Farming Systems Adaptive Research – FSAR*). La FSAR inclut des éléments de la FSA mais comprend aussi des recherches en milieu paysan et en station. Les résultats de la recherche en milieu paysan aident à la conception des expérimentations en station pour développer des technologies bien adaptées aux systèmes de production existants.
- Le développement de nouveaux systèmes de production (*New Farming Systems Development – NFSD*). Le NFSD comprend des aspects tant de la FSA que de la FSAR. Elle se base initialement sur une expérimentation en station visant à concevoir de nouveaux systèmes de production, tout en incluant l’agroforesterie.

Avec la poursuite du développement des approches pour l’étude des systèmes de production, de nouvelles terminologies ont proliféré. L’étude de l’ISNAR dirigée par Merrill-Sands, qui a créé le terme de *On-Farm Client-Oriented Research* ou OFCOR (la recherche en milieu paysan orientée vers le client) est un exemple. Ce terme a été repris par d’autres auteurs tel que HARRINGTON et al. (1989) qui l’assimilent à la recherche en milieu paysan avec une perspective systémique (OFR / FSP), laquelle expression a été renommée FSAR par Merrill-Sands elle-même. Deux importantes tendances poussent actuellement à accorder plus d’importance à la participation paysanne et à la durabilité du système. La première a conduit à la naissance du terme de *Farmer Participatory Research* (la recherche agricole participative) (FARRINGTON ET MARTIN, 1990) et la deuxième à celui de *Participatory Technology Development* (le développement participatif de technologie) (ILEIA, 1989).

Le problème, comme le souligne METTRICK H. (1994 *op cit*) est que chaque fois qu’on essaie d’imposer un certain ordre dans la terminologie, cela débouche sur une nouvelle prolifération, à moins d’un consensus sur les termes à utiliser. De même la recherche d’une standardisation dans la terminologie et les démarches de la FSR conduisent à une homogénéisation qui risque d’étouffer la diversité créative encouragée jusqu’à présent. Les constantes essentielles de la FSR sont les objectifs, la philosophie et l’esprit, mais la manière d’y arriver doit se faire par une pluralité de méthodologie, et non par une seule. (IARC 1987). Nous nous plaçons plutôt dans cette optique dans le cadre de cette étude. Même si nous

faisons une étude sur les systèmes de production agricole *sensu stricto*, à l'image de ce que Simmonds définit comme une étude des systèmes de production tels qu'ils se présentent avec leur description, analyse, classification et compréhension, nous n'occultons nullement les savoirs locaux et encore moins les données d'enquête.

Le système de production peut être défini à plusieurs échelles : Le champ, l'unité de production agricole (que certains appellent exploitation agricole), le terroir villageois, éventuellement des espaces plus étendus (région, nation, ensemble de nations). Tous constituent des niveaux pertinents pour observer, analyser, interpréter, selon des perspectives diverses et avec une précision variable, la combinaison des facteurs de production. Mais, l'exploitation agricole ou l'unité de production agricole est considérée comme un niveau particulièrement opératoire, dans la mesure où l'on peut relier la combinaison mise en œuvre à ce niveau aux choix opérés par un centre de décision bien identifié (BROSSIER J., 1987).

1.1.8 : La concession, l'exploitation agricole et l'unité de production agricole

Il existe une certaine confusion autour de la notion d'exploitation agricole qui est source de malentendus dans les débats sur les évolutions de l'agriculture. L'enjeu n'est pas seulement académique. L'exploitation est l'objet de nombreuses mesures de politiques agricoles. Elle est également au cœur d'un dispositif statistique considérable qui contribue à construire une certaine vision des agricultures.

Pour JOUVE P. (1997), l'exploitation agricole peut être considérée comme un ensemble structuré de moyens de production (terre, travail, équipement, etc.), combinés entre eux pour assurer des productions végétales, animales et satisfaire aux objectifs et aux besoins du chef d'exploitation.

Au Mali, cet ensemble peut être assimilé à la concession. Selon la définition fournie par le quatrième recensement général de la population et de l'habitat (RGPH 2009) « *la Concession est un espace clôturé ou non, à l'intérieur duquel sont bâtie(s) une ou plusieurs constructions à usages divers (habitations et dépendances, édifices publics ou privés etc.). Une concession est généralement entourée par un mur ou une haie. Elle peut dans certains cas être constituée par un ensemble de constructions indépendantes, non obligatoirement entourées de mur ou de*

haie. Elle peut aussi se réduire à une seule construction utilisée ou non à une fonction déterminée (immeuble de logements). Ainsi, peuvent être considérées comme concessions des bâtiments affectés aux usages administratif, public ou religieux, industriel, commercial etc. La concession peut être occupée par un ou plusieurs ménages et se constituer d'un ou de plusieurs logements. Elle est généralement placée sous la responsabilité d'un chef de concession (propriétaire ou non) ».

Toutefois, dans le cadre de cette étude, le terme exploitation agricole est préféré au terme concession. Ce terme concession réfère plus à l'enclave territoriale qui est juridiquement concédée à un concessionnaire, le plus souvent moyennant une rémunération. On parlera alors de concession de service public, de concession de travaux publics, de concession d'occupation du domaine public ou même de concession funéraire. Le concept d'exploitation agricole quant à lui ajoute à l'analyse statique et structurelle une dimension dynamique et fonctionnelle. L'exploitation agricole a alors un objectif et un centre de décision. Nos unités de production agricoles en milieu rural vont au-delà de la concession, mais se retrouve parfaitement dans le concept d'exploitation agricole, même s'il couvre des connotations particulières selon le contexte. Pour l'économie classique, l'exploitation agricole est une entreprise, l'exploitant un entrepreneur qui a un objectif : maximiser le profit. Pour cette école, l'exploitation agricole est une entreprise avec un centre de décision et un objectif unique : optimiser son profit en combinant production et facteurs de production. Par contre en Afrique soudano-sahélienne le modèle de société agraire segmentée et lignagère est le plus répandu (BENOIT-CATTIN et FAYE, 1982 cité SOUMARÉ M., 2008). En agriculture familiale, le processus de prise de décision n'est pas simple, les objectifs peuvent être multiples, variables et / ou contradictoires (voir encadré 4).

Encadré 4 : différence entre agriculture familiale et agriculture commerciale

Le terme "agriculture familiale" couvre un vaste éventail de situations souvent très différentes. Ainsi, certains auteurs conseillent fortement d'utiliser le terme au pluriel (agricultures familiales) pour démontrer la diversité des systèmes et contextes examinés (Belières et al. 2002). En dépit de cette diversité, il existe certaines caractéristiques clés propres à l'agriculture familiale liées au rapport particulier entre la structure et la composition du ménage ainsi que les biens et activités agricoles qui y sont associés. Dans la plupart des régions d'Afrique de l'Ouest, la production agricole repose sur la main d'œuvre familiale qui, bien que non rémunérée, possède l'assurance d'une contre partie sous forme de droit et avantages à plus long terme. Ainsi les exploitations dépendent du travail de leurs différents membres. De même l'apport de main d'œuvre à l'entreprise familiale permet aux membres de cette dernière de préserver leurs droits à la propriété familiale lors de la division du patrimoine. Bien que la production agricole dépende fortement de la main d'œuvre familiale, le personnel non familial peut souvent apporter une importante source complémentaire de force de travail.

L'exploitation familiale n'est pas une unité économique isolée. Elle n'est pas uniquement dédiée à l'agriculture et ne dépend pas exclusivement de ses propres ressources. Les exploitations familiales se caractérisent par un ensemble d'activités de production impliquant diverses productions végétales et animales : la pêche, la chasse, la cueillette, le commerce et l'artisanat, ainsi que la migration saisonnière ou à plus long terme (Zoundi, 2003). Elles dépendent souvent d'un réseau social composé de parents et de voisins plus ou moins éloignés géographiquement à travers lequel un soutien mutuel est assuré. Au sein de l'exploitation familiale, l'accès aux terres et aux biens agricoles s'acquiert généralement par héritage ou autres arrangements sociaux tels que des prêts [ou l'éclatement].

L'exploitation familiale, ses terres et biens (matériel, bétail, arbres, etc.) se trouvent sous l'autorité du chef de famille qui est responsable de la gestion collective de ces biens, de la distribution des différentes activités de la main d'œuvre, de la gestion des entrepôts de céréales ainsi que les décisions concernant les nouvelles stratégies et directions à prendre. Dans la pratique, le chef de famille délègue la gestion quotidienne des champs et des animaux à un frère cadet tout en surveillant les activités de très près.

Les exploitations familiales ont trois grandes dimensions: une dimension socioculturelle, une dimension économique caractérisée par l'intégration de diverses activités à la production du ménage et enfin une dimension technique qui est la mise en valeur des terres et des ressources par une combinaison des activités de façon à réduire le risque.

Source : TOULMIN et GUËYE, 2003 in SOUMARÉ M., 2008

Encadré 4 (suite)

Caractéristiques	Agriculture commerciale	Agriculture familiale
Rôle de la main d'œuvre familiale	Faible ou nul	Important
Liens communautaires		
Entre ménages et groupes plus large	Faible	Fort : fondé sur la solidarité
Entre entrepreneur et communauté locale	Fort	Faible souvent nul
Objectifs prioritaires	Vendre	Consommer
	Acheter	Stocker
	Consommer	Vendre
Diversification	Faible	Forte pour réduire le risque
Flexibilité	Faible	Forte
Taille Exploitation	Peut excéder 100 ha	Réduite : 5 à 10 ha en moyenne en

		Afrique
Liens avec le marché	Forts	Faible mais grandissant
Accès aux terres	Assez souvent par achat	Par héritage et arrangements sociaux

Pour notre part l'étude des exploitations agricoles portera globalement sur son fonctionnement productif. Il s'agira de décrire les facteurs de production que sont la terre (encore appelée le foncier), le travail (humain) et tous les biens matériels utilisés au cours de la production (les moyens de production) et d'analyser leurs interrelations.

1.1.9 : **Le concept de ressources naturelles, une notion ambiguë ?**

Il est difficile de définir avec précision les ressources naturelles (OMC, 2010). La plupart des gens ont une idée intuitive de ce que sont les ressources naturelles, mais on ne peut pas se fonder sur des définitions de « sens commun » car elles risquent de poser problème en cas d'ambiguïté. Comme il est évident que le pétrole brut et le bois sont des ressources naturelles, mais il est moins aisé de classer les produits intermédiaires et les produits finaux qui en sont issus.

Dans le cadre de cette recherche, nous considérons comme ressources naturelles les diverses ressources minérales ou biologiques nécessaires à la vie de l'homme et à ses activités économiques (Encyclopédie universelle de 2012). Il s'agit des ressources à l'état naturel. Pour l'OMC (2010), les ressources naturelles sont les stocks de matières présentes dans le milieu naturel qui sont à la fois rares et économiquement utiles pour la production ou la consommation, soit à l'état brut, soit après un minimum de transformation.

Les ressources naturelles peuvent être considérées comme des biens en capital naturel, distincts du capital matériel et humain, dans la mesure où ils ne sont pas créés par l'activité humaine. Comme le souligne JOSLING T. (2009), il est important de faire une distinction entre les ressources naturelles en tant que facteurs de production, et les ressources naturelles en tant que marchandises pouvant faire l'objet d'échanges internationaux. Les premières n'entrent dans le commerce que de manière indirecte. Par exemple, le climat et les paysages peuvent être exportés par le biais du tourisme. De même, la terre agricole, qui est la ressource naturelle « fixe, immobile » par excellence, peut être exportée à travers les produits agricoles qui y sont cultivés. Par contre, les produits d'extraction comme les minéraux, le pétrole et d'autres matières entrent directement dans le commerce international. Ainsi, fondamentalement,

les ressources naturelles sont souvent un motif d'échange et non des biens marchands à proprement parler selon l'auteur précédent.

Habituellement on distingue deux types de ressources (WEBER J., 1995 ; THIOMBIANO T., 2004) : les ressources naturelles (non renouvelables), et les ressources naturelles renouvelables. Le choix de distinguer les ressources naturelles des ressources renouvelables repose sur une nécessité de clarté sémantique (WEBER J., op cit). En économie, la littérature sur les ressources naturelles, envisage les ressources en termes de stocks à exploiter rationnellement (WEBER J., op cit). Le problème est alors le calcul du taux optimal d'extraction, notamment en ce qui concerne les ressources renouvelables celles-ci étant soumises à un renouvellement (PEARCE D.W. et WARFORD J.J., 1993).

Quatre caractéristiques essentielles nous semblent pertinentes dans la définition de ressources naturelles. Il s'agit de leur caractère épuisable, des externalités négatives que leur utilisation entraîne, de leur prédominance dans les économies locales et nationales et de leur accessibilité.

1.1.9.1 Le caractère épuisable

En économie des ressources, on fait généralement une distinction entre les ressources renouvelables et les ressources non renouvelables. Une ressource renouvelable est une ressource dont la quantité s'accroît ou qui se renouvelle sur une courte période (c'est-à-dire une période pertinente du point de vue économique). Elle est telle qu'il est possible de l'exploiter sans réduire sa disponibilité future. Par conséquent, si le taux d'extraction tient compte des limites de la capacité de reproduction de la ressource, une ressource renouvelable peut avoir un rendement pendant une durée infinie. Bien entendu, le délai doit être pertinent du point de vue économique car certaines ressources peuvent être renouvelables en principe, mais pas en pratique. Par exemple, il faut des centaines de millions d'années pour que les arbres morts se transforment en charbon et en pétrole (BLUNDELL K. et ARMSTRONG F., 2007). Toute ressource renouvelable est bien sûr naturelle, même si l'inverse n'est pas vrai, sauf à échelle pluriséculaire.

Les ressources non renouvelables sont définies comme étant toutes les ressources qui ne s'accroissent pas ou qui ne se renouvellent pas avec le temps. On pourrait dire aussi que les ressources non renouvelables existent en quantités finies, de sorte que chaque unité

consommée aujourd'hui réduit la quantité disponible pour la consommation future. Les exemples les plus courants de ressources non renouvelables sont les combustibles fossiles et les gisements de minéraux. Le terme « épuisable » est parfois employé comme synonyme de « non renouvelable ». Mais il convient de noter que les ressources renouvelables peuvent aussi être épuisables si elles sont surexploitées (figures 4 et 5).

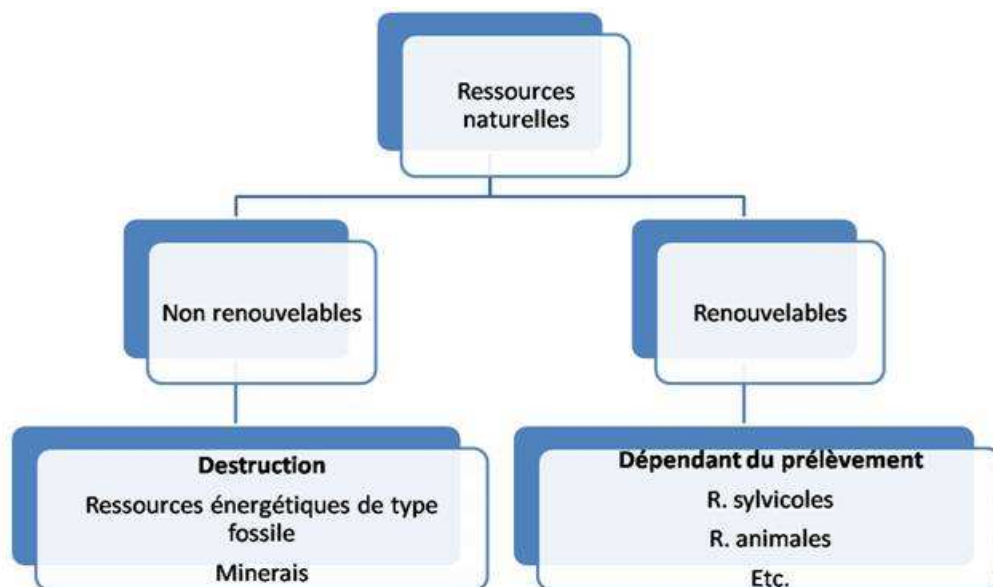


Figure 4 : Schéma de la typologie des ressources naturelles (1)

Source : THIOMBIANO T., 2004

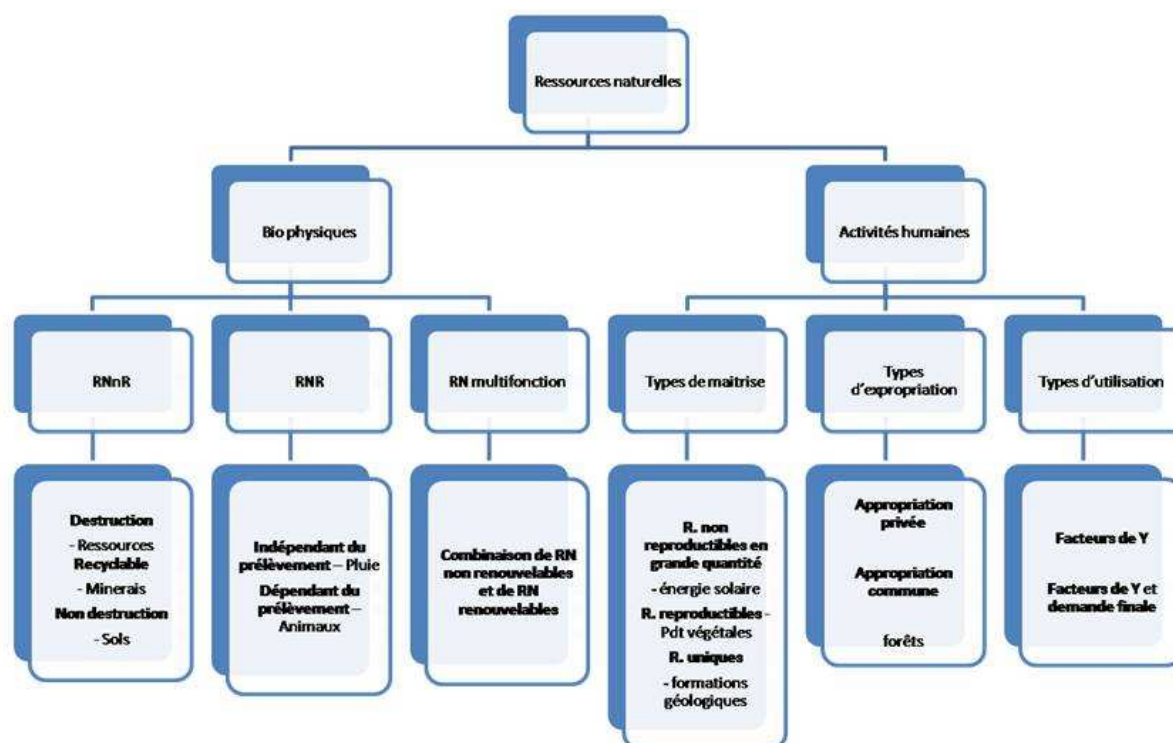


Figure 5 : Schéma de la typologie des ressources naturelles (2)

Source : THIOMBIANO T., 2004

1.1.9.2 Les externalités négatives

On parle d'externalité quand les actes d'un agent économique affectent indirectement d'autres agents, de manière positive ou négative (NICHOLSON W., 2001). En d'autres termes, les résultats de certaines activités peuvent imposer des coûts ou procurer des avantages à des consommateurs ou à des entreprises qui ne participent pas à la décision de production ou de consommation. Ces « externalités » peuvent être négatives ou positives. Il est par exemple question d'externalité négative lorsqu'un processus de production provoque une pollution qui nuit à la santé des riverains ou à l'environnement en réduisant indirectement le bien-être des individus. Une externalité positive peut exister lorsqu'un propriétaire apporte à son bien des améliorations qui rehaussent la valeur marchande des maisons voisines. Du point de vue du bien-être social, les externalités entraînent, selon qu'elles soient positives ou négatives, la surproduction ou la sous-production d'un bien. Cela tient à ce que le prix du marché du bien concerné ne reflète pas son coût ou son avantage réel pour la société ou son rendement.

L'économie des ressources naturelles s'intéresse essentiellement aux externalités négatives résultant de l'utilisation abusive et incontrôlée des ressources, bien qu'il puisse y avoir aussi

des externalités positives dans ce domaine. Ce type de conséquence en matière d'externalité positive est rare. L'analyse qui suit sera axée exclusivement sur les externalités négatives. Les exemples ci-dessous illustrent ce problème dans le contexte des ressources naturelles. La réduction des jachères occasionnée par l'augmentation de la population entraîne la surexploitation des terres agricoles ; ce qui se traduit par leur dégradation et une baisse des productions conduisant à l'insécurité alimentaire. Il est possible de rapporter la fameuse théorie de la « tragédie des biens communs », développée par Hardin (HARDIN G., 1968) au niveau local. Elle donne un autre exemple d'externalité négative. En effet, l'absence de droits de propriété sur une ressource commune conduit à son épuisement. Avec la décentralisation, les textes sur la gestion des ressources naturelles renouvelables sont assez restrictifs, confus et difficiles à appliquer. Le manque de clarté dans les textes conduit à une double situation. Dans la première, les ressources naturelles apparaissent aux yeux des communautés rurales comme des ressources individuelles ; dans la deuxième elles sont considérées comme des 'ressources naturelles' *sensu stricto* donc sans propriétaire.

1.1.9.3 La prépondérance des ressources naturelles dans l'économie locale et nationale

Une autre caractéristique majeure des ressources naturelles est qu'elles occupent une place prépondérante dans l'économie de nombreux pays. L'économie du Mali repose essentiellement sur le secteur rural, qui occupe près de 80% de la population active et contribue pour plus de 30% aux recettes d'exportation (provenant du coton, bétail et céréales). En 2007, la contribution du secteur au PIB est de 34% dont 20,9 % pour l'agriculture, 9,6 % pour l'élevage et 0,9 % pour la pêche et 3,9 pour la sylviculture. Ce secteur primaire a comme substrat, les ressources naturelles renouvelables à savoir les ressources pédologiques, sylvicoles, hydriques et fauniques.

1.1.9.4 L'accessibilité des ressources naturelles

Les ressources naturelles au niveau local sont les ressources directement accessibles aux populations. Elles constituent non seulement les bases productrices, mais en cas de crise c'est en elles que les populations tirent de quoi survivre, même si c'est au prix d'un travail énorme et épuisant.

Pour notre part, notre attention portera uniquement sur les ressources naturelles renouvelables. Il s'agit essentiellement du sol, de la végétation, des eaux et de la faune. On

peut affirmer sans aucune crainte que ces ressources naturelles constituent les bases productrices des activités humaines et sont directement accessibles aux populations.

1.1.10 : Les perceptions, les représentations, les savoirs et les pratiques locales

Les études récentes à l'image de certains géographes depuis les années 1980 (BAILLY A., FERRAS R. et PUMAIN D., 1995 ; DEBARBIEUX B., 1991 ; GUMUCHIAN H., 1991) ont permis de dépasser les notions de perception telles que développées par CLAVAL P. (1974), BAILLY A. (1977) et celles d'espace vécu qu'avaient investies les géographes dans les années 1970 à l'instar de CHEVALIER J. (1974) et FRÉMONT A. (1976).

BAILLY A. (1977) définit la perception comme un processus actif qui fait appel à tous les sens de l'homme puisque les messages transformés en action agissent indirectement sur le monde réel. Mais, du fait de ses possibilités limitées, l'individu ne perçoit que partiellement et partialement le monde réel. L'information reçue par l'individu de la réalité vécue résulte d'un filtrage opéré par les sens de l'homme et les moyens de communication (ROSENBLITH, cité par BAILLY A. op cit). Ainsi l'homme, en tant qu'être pensant, intervient dans le processus perceptif et ce, en rapport avec son milieu culturel, économique et social.

La perception apparaît aussi comme une composante de la représentation. Dans cette optique, GUERIN cité par GUMUCHIAN H. (1991) la définit comme une création sociale et/ou individuelle du réel. La définition donnée par cet auteur précise qu'une représentation est une structure cognitive et mentale relativement générale et abstraite et qu'il est possible de parler d'un modèle interne qui a pour fonction de conceptualiser le réel. Cette représentation permet de mieux cerner le lien entre perception et représentation.

Pour résumer, le terme perception renvoie aux mécanismes perceptifs et aux phénomènes cognitifs qui rendent possible l'élaboration d'images, se structurant ensuite en représentations. La perception est alors la fonction par laquelle l'esprit se représente des objets en leur présence alors que la représentation permet d'évoquer des objets même si ceux-ci ne sont pas directement perceptibles (AURAY J.-P. et al., 1994). Conséquemment, perceptions et représentations s'élaborent en système dont le point de départ est la réalité et au sein duquel interfèrent divers filtrages.

Quant à MOSCOVICI S. (1986), les représentations sociales se définissent comme des éléments de la conscience sociale extérieure aux individus et s'imposant à eux. Pour comprendre le monde environnant, les individus ont besoin de cadres de référence, de normes sociales pour se situer et développer des relations.

Enfin selon DOISE W. (1990) une représentation sociale consiste toujours à ancrer nos connaissances dans un monde de valeurs sociales hiérarchisées résultant des positions asymétriques occupées par des groupes et individus dans un champ social.

Les représentations sociales sont donc des savoirs qui jouent un rôle dans le maintien des rapports sociaux. Elles sont en même temps façonnées par ces rapports et véhiculent directement ou indirectement un savoir sur ces rapports. C'est d'ailleurs à juste titre que JODELET D. (1984) les qualifie comme des manières d'interpréter et de penser notre réalité quotidienne. Pour elle, toute représentation est définie par un contenu se rapportant à un objet. Elle est représentation de quelque chose et de quelqu'un, c'est-à-dire d'un individu, d'une famille, d'un groupe, d'une classe, etc.

Et pour Bourgain ce sont des connaissances sociales qui se construisent en faisant "fait feu de tout bois" (BOURGAÏN D., 1988). Elles se constituent par toutes sortes d'expériences et d'informations, reçues et transmises par la tradition, l'éducation et la communication sociale. Il s'agit donc d'une connaissance socialement élaborée et partagée qui concourt à la construction sociale de notre réalité.

Dès lors s'impose l'idée, pour une partie des géographes, que le réel objectif n'existe pas en dehors de nos représentations. Ce qui explique que l'émergence des représentations en géographie ait été qualifiée de « révolution épistémologique » (BAILLY A. et al. 1995). L'un des principaux apports de leurs travaux a été en effet de montrer qu'il y a une relation dialectique entre les représentations et l'espace dont le médium est la pratique sociale (DEBARBIEUX B., 1991 ; GUMUCHIAN H., 1991). La mobilisation des représentations a ainsi permis de réinterroger plusieurs notions de la géographie. Citons ici à titre d'exemples : BODIGUEL M. dans *le rural en question* (1986) ; GUMUCHIAN H. et GUÉRIN J-P. sur *l'aménagement du territoire* (1985) ; BAILLY A. (1977) et GALLAIS J. (1984) sur la

distance ; DEBARBIEUX B. (1996) *sur le lieu* ; BRUNET R. sur la cartographie (1987) ; BERQUE A. sur le paysage (1990) ; RAFFESTIN C. sur la notion de ressource (1980).

Le terme « pratiques locales », à la suite de MORFAUX (1980), qualifie l'action en tant que conséquence d'une vue théorique ou d'une mise en œuvre d'un projet (MORFAUX L.M., 1980). Les pratiques relèvent de la sphère de l'agir, du faire. Les pratiques et les représentations sociales liées à l'espace ne sont pas dissociées mais interfèrent dans un dialogue perpétuel. Elles s'inter-construisent (BLOT F., 2005).

Ce sont ces représentations et pratiques qui doivent être prises en compte et renforcées dans toute tentative d'assistance internationale en matière d'adaptation au changement climatique. C'est donc sur la base de ces précisions et de toutes ces réserves qui précèdent, qu'il convient d'aborder cette étude qui s'inscrit résolument dans le cadre des interactions nature/société, des relations entre les changements climatiques actuels et les transformations des systèmes de production agricole du point de vue des communautés paysannes du cercle de Banamba.

1.2 La méthodologique et les limites de l'étude

Notre objectif de recherche accorde une place primordiale aux dynamiques des systèmes de production agricole. Ces dynamiques sont beaucoup plus influencées par le changement climatique. Dans un contexte général de controverses sur l'existence même de ce changement, il s'avère judicieux de bien cerner les perceptions et les pratiques des populations pour mieux comprendre l'évolution du climat au niveau local. A ce effet, différentes méthodes orientées vers l'analyse des systèmes de production agricole et des dynamiques des états de surfaces, ainsi que de nombreux modèles statistiques, ont été mis à contribution. Ils mobilisent différents niveaux d'analyse qui offrent une occasion de convergence des sciences humaines et des sciences de la vie et de la terre. Afin d'éviter d'éventuelles confusions dans la présentation globale et détaillée de ce complexe méthodologique, il s'avère utile de présenter les méthodes utilisées.

1.2.1 : La méthodologie de l'étude

La méthodologie développe la démarche scientifique adoptée et définit les sources et la qualité des différentes données, détermine l'échantillon de l'étude, les types de traitement et d'analyse des données.

1.2.1.1 Les sources des données et leur nature

Les méthodes utilisées tiennent compte de la nature triptyque de la recherche. Ainsi, trois types de données sont utilisés : les données climatologiques, les données de végétations et les données sociodémographiques (Figure 6).

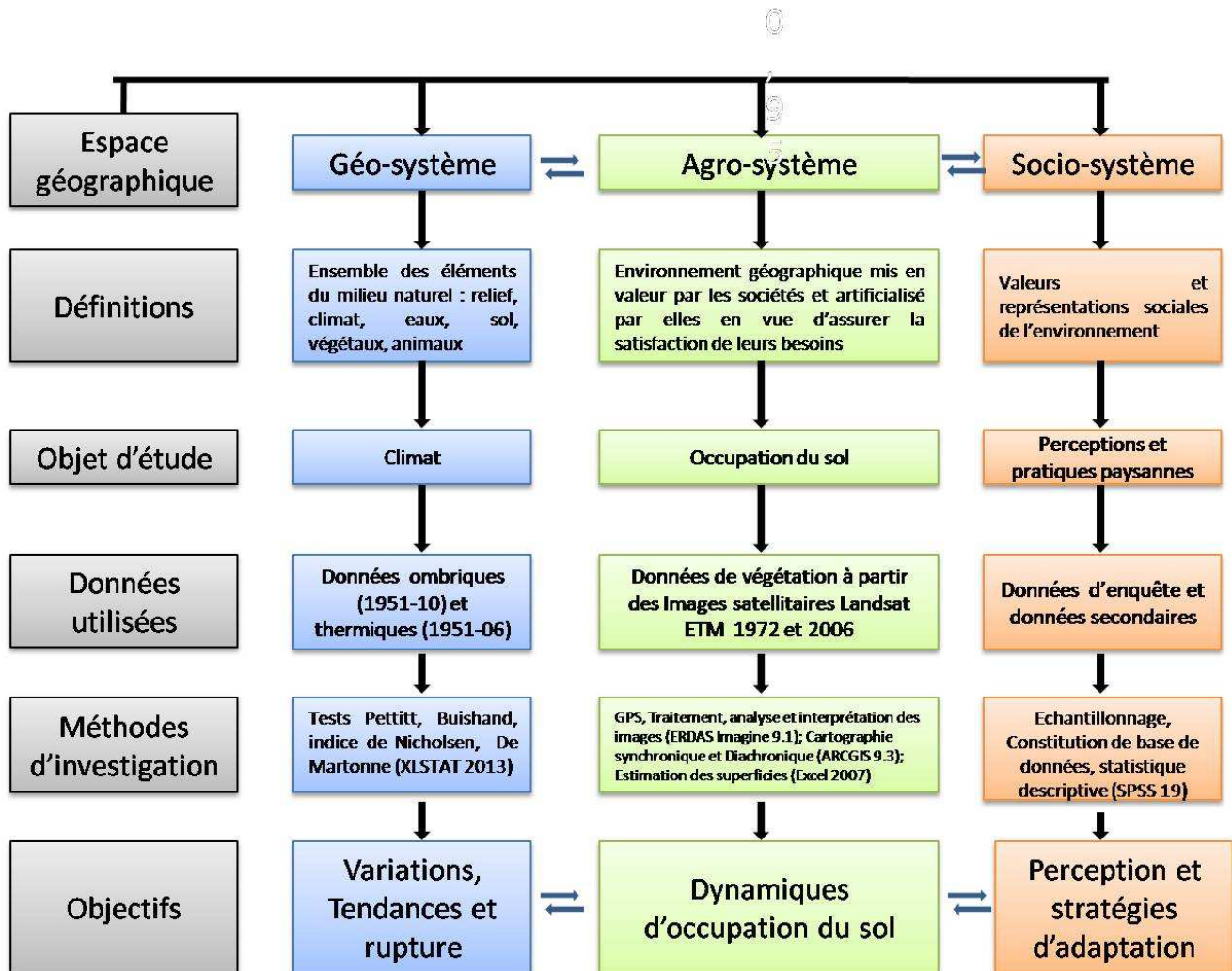


Figure 6: Méthode utilisée pour l'étude sur les changements climatiques et la dynamique des systèmes de production agricole dans le cercle de Banamba au Mali

N'DIAYE B.F., 2013

1.2.1.1.1 Les données climatologiques

Les données climatologiques concernent la pluviométrie et la température. Les données pluviométriques sont issues du réseau de mesure de la Direction Nationale de la Météorologie de Bamako. Quant aux données thermiques, elles proviennent du site <http://www.tutempo.net/tiempo/Mali/ML.html> (Tableau 2). Pour ce qui est de cette étude proprement dite, si l'on s'en tient aux recommandations de l'Organisation Météorologique

Mondiale (OMM), nos séries portant sur plus d'une trentaine d'années, sont suffisamment longues pour permettre de dégager des tendances.

Tableau 2: Longueurs et caractéristiques des séries climatiques de la station retenue.

Station	Paramètre étudié	Période	longitude	Latitude	Altitude
Banamba	Pluviométrie	1951-2010	-7,446690	13,558429	379
Banamba	Température	1951-2006	-7,446690	13,558429	379

N'DIAYE B. F., 2013

L'intérêt d'une telle étude sur les séries pluviométriques nous intéresse particulièrement. En effet, depuis le début de la sécheresse en Afrique de l'Ouest et Centrale, que la plupart des auteurs (HUBERT P. *et al.* 1989 ; NICHOLSON S.E., 1993 ; SERVAT E. *et al.* 1994 ; PATUREL J.-E. *et al.* 1997) situe à la fin des années 60, plusieurs chercheurs soutiennent que peu d'études ont été menées sur la période postérieure aux années 90 (NICHOLSON S.E. *et al.* 2000 ; PATUREL J.-E. *et al.* 2001 ; L'HOTE Y. *et al.* 2002, NOUFE D., 2011), malgré l'intérêt croissant et soutenu que suscitent les changements climatiques. Or les enjeux liés à la persistance ou non de la sécheresse climatique sont nombreux, surtout pour un pays comme le Mali dont l'économie repose essentiellement sur l'agriculture. Il s'agit de partir des mêmes méthodes pour analyser le comportement climatique au niveau local, mais aussi les facteurs de ce comportement du point de vue des communautés rurales.

1.2.1.1.2 Les données de végétation

Les données de végétation proviennent de l'exploitation des images satellitaires Landsat¹⁷ du 20 décembre 1972¹⁸, du 14 novembre 1986 et du 11 décembre 2006¹⁹ (Figures 7 et 8). En complément aux informations recueillies, la carte des formations végétales (couverture 11) du projet d'inventaire par télédétection des ressources ligneuses et de l'occupation agricole des terres au Mali et la carte topographique de la zone ont été également exploitées. Le tableau 3 présente les différentes données de végétation utilisées.

¹⁷ Ces images sont téléchargeables à l'adresse suivante : <ftp://ftp.glcf.umd.edu>

¹⁸ 1972 correspond au début des premières images satellitaires

¹⁹ En 2010, année où nous avons commencé le traitement, seules les images de 2006 étaient en accès libre

Tableau 3: Tableau des données de végétation

Landsat 1972	Landsat 1986	Landsat 1991	Landsat 2006
Scène 1 : p214r050	Scène 1 : p199050	Carte des formations végétales (coupure 11) du projet d'inventaire par télédétection des ressources ligneuses et de l'occupation agricole des terres au Mali	Scène 1 : L71199050
Scène 3 : p214r051	Scène 2 : p1199051		Scène 2 : L71199051

N'DIAYE B. F., 2013

L'année 1972 nous paraît être bien indiquée dans la mesure où les prises de vue interviennent une année avant 1973. Cette date marque le début de la série de sécheresses qui frappent le sahel depuis plus de quarante années.

Pour des applications précises, nous avons également procédé à une vérification par un calage à partir de points de référence terrain mesurés par GPS au cours d'une vérité terrain grâce à un GPS (*Global Positioning System*) portable *Magellan 15*.

Il aurait été intéressant de remonter dans le temps au moins jusqu'en 1952 où les premières missions de photographies aériennes ont eu lieu en Afrique de l'ouest française. Mais la limite de nos moyens ne nous a pas permis d'utiliser la photographie aérienne.

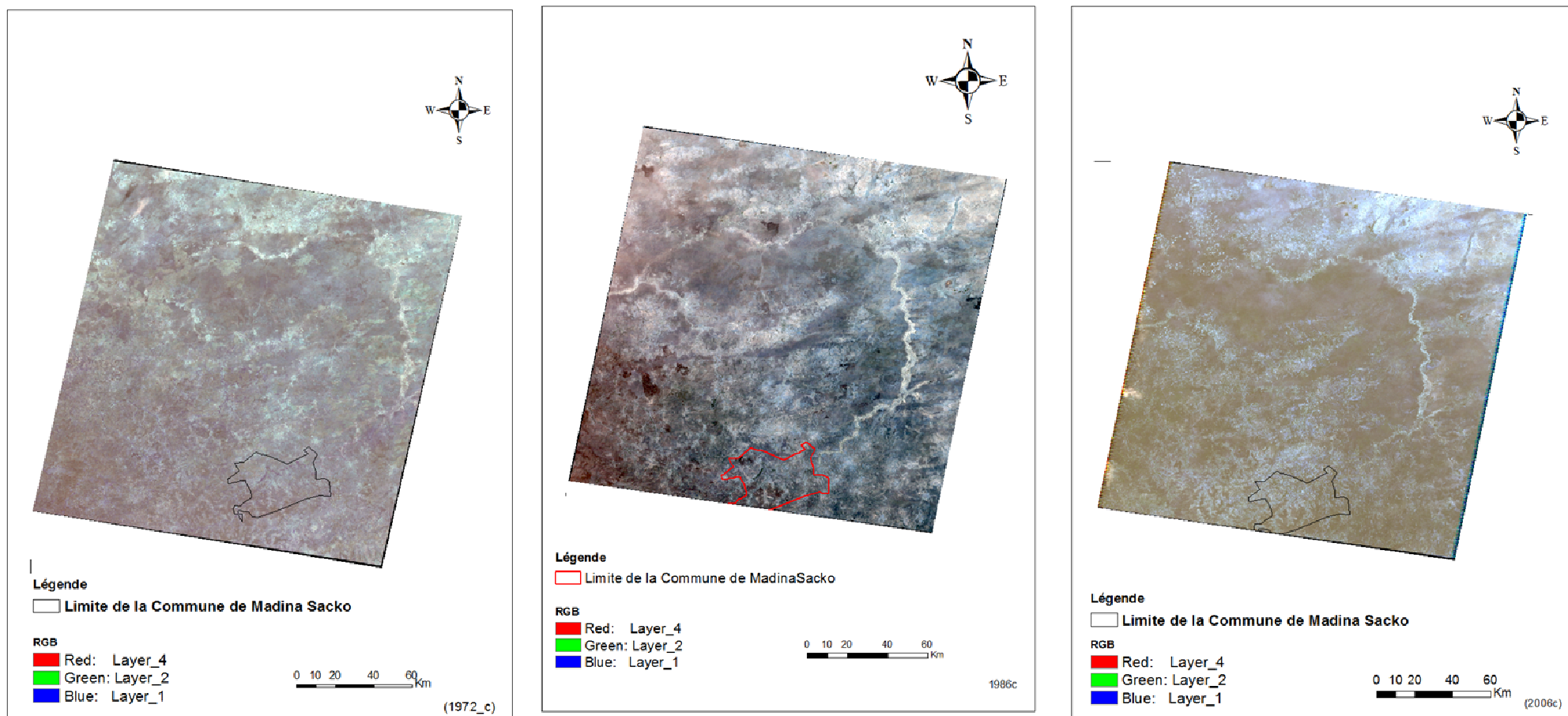


Figure 7:La commune de Madina Sacko, localisée au sud de la scène sur la composition colorée de l'image de 1972, 1986 et 2006.

N'DIAYE B. F., 2013

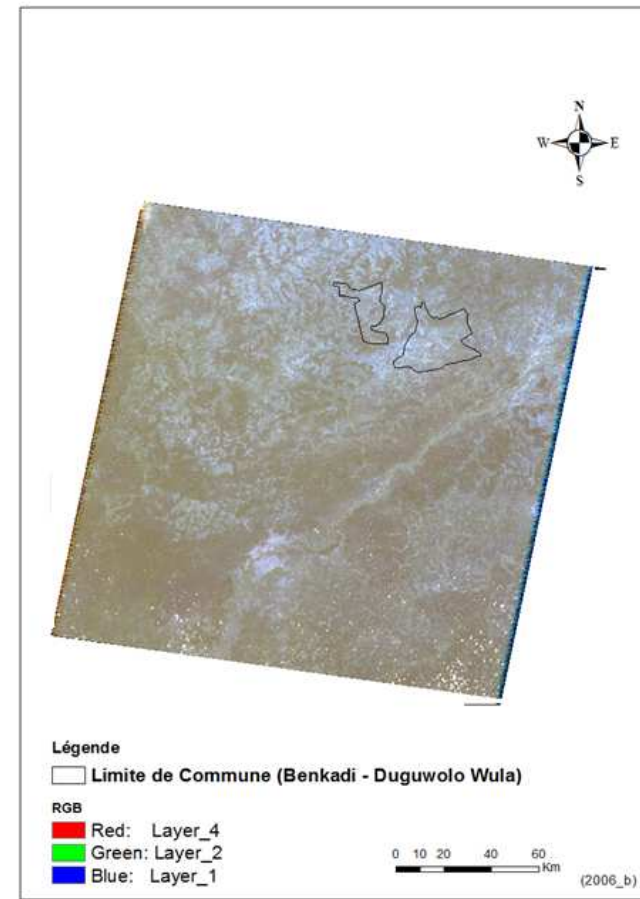
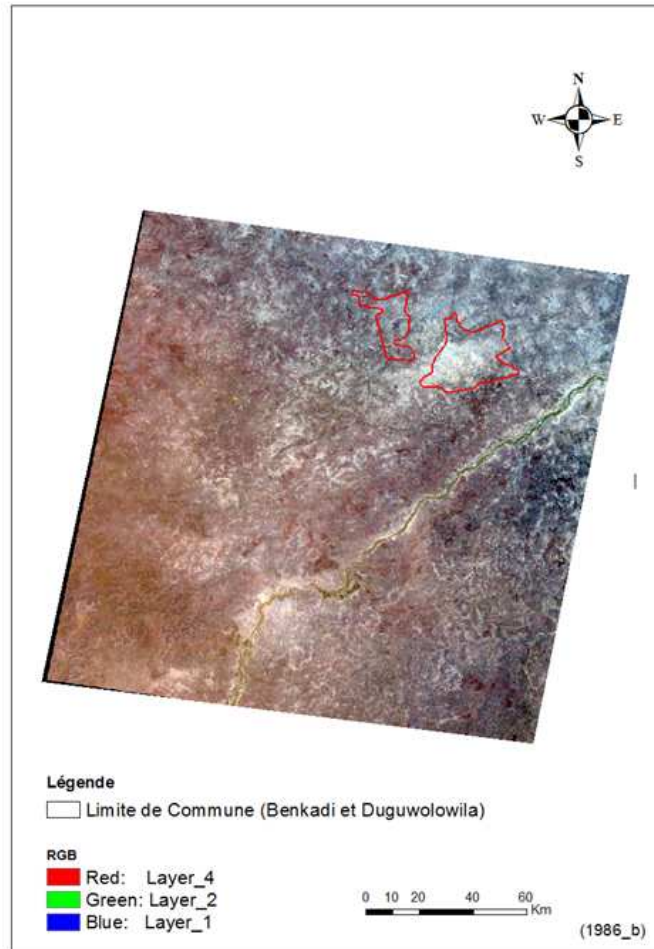
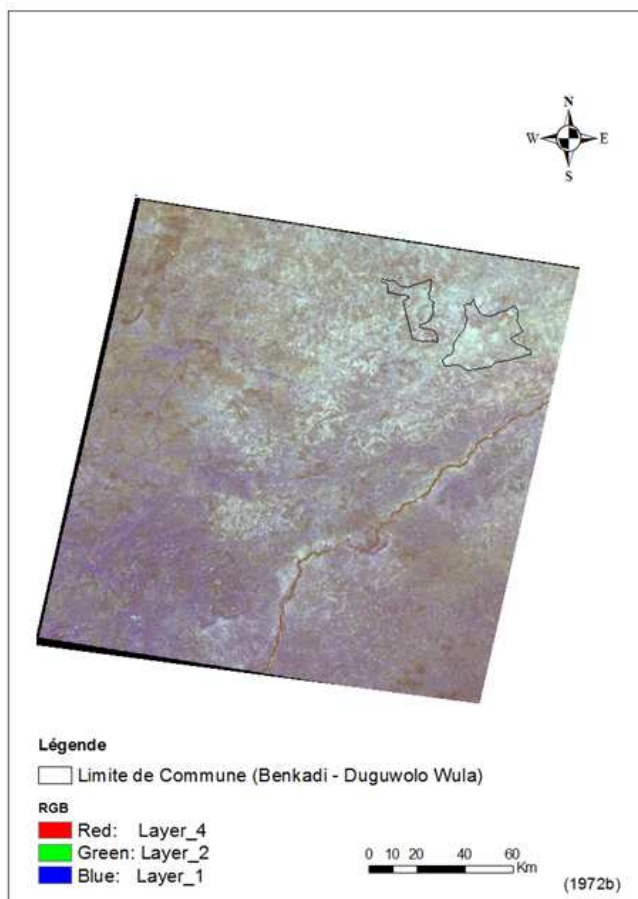


Figure 8: Les communes de Benkadi et Duguwolo Wula, localisées au Nord-Est de la scène sur la composition colorée de l'image de 1972, 1986 et 2006.

N'DIAYE B. F., 2013

1.2.1.1.3 Les données sociodémographiques et économiques

Ces variables sont essentiellement constituées des données relatives à la population, aux enquêtes de terrain et aux statistiques descriptives des productions agricoles. L'importance de l'impact du croit démographique sur les dynamiques agraires et la structuration générale du développement rural conduisent à s'intéresser en particulier aux données de population comme un des principaux facteurs de différenciation et de dynamiques territoriales (BIGOT S., 2004). Elles permettent de mettre en évidence les évolutions d'ensemble dans leur distribution spatio-temporelle.

Des enquêtes sociologiques ont été réalisées pour permettre de caractériser les systèmes de production et de mieux appréhender les savoirs locaux (perceptions sur les changements climatiques et stratégies d'adaptation) des populations rurales pour faire face aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, en vue d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages. Elles ont été réalisées au niveau village, commune et dans une moindre mesure au niveau national.

Pour l'ensemble du cercle, l'étude utilise des rapports descriptifs des données de production issues de la base de données de la Cellule de Planification et de Statistique (CPS) du Ministère de l'Agriculture, disponible sur le site www.countrystat.org. Pour le cercle de Banamba seuls sont disponibles les rendements sur la période 1990-2005.

1.2.1.2 Les techniques d'approche du terrain

Pour collecter les données, le terrain a été structuré en trois niveaux statistiques : niveau commune, niveau village et niveau exploitation agricole. A chacun de ces niveaux d'observation, des individus ont été choisis pour recueillir des données. C'est le choix d'une partie ou de la totalité des individus qui détermine l'échantillonnage. Pour les trois niveaux la méthode aléatoire systématique a été adoptée. Ce qui donne à chaque individu, une chance de faire partie de l'échantillon. L'enquête par questionnaire a concerné uniquement les chefs des différentes exploitations retenues. Les entretiens semi-structurés ont été menés au niveau village et commune et dans une moindre mesure au niveau national.

1.2.1.2.1 L'enquête quantitative

Elle s'est déroulée suivant deux principales étapes. La première étape a consisté à la détermination de l'échantillon de l'étude et la deuxième à l'administration du questionnaire. La méthode aléatoire qui offre une égalité de chance a été retenue. La liste des communes du cercle de Banamba, affectées de leurs effectifs de population selon les résultats provisoires du recensement général de la population de l'habitat de 2009, constitue la base de sondage. En vue de générer notre échantillon, un sondage systématique à plusieurs degrés est réalisé (Tableau 4) :

- Tirage au hasard au 1^{er} degré de quatre communes sur les neuf que compte le cercle, selon un pas de sondage et un point de départ aléatoire. Les quatre communes tirées sont : *Ben-Kadi, Duguwolo wila, Madina Sacko et Toubacoro*. Parmi ces communes trois en l'occurrence les communes de *Ben-Kadi, Duguwolo wila et Madina Sacko* sont aussi retenues pour étudier la dynamique des formations végétales et de l'occupation du sol ;
- Tirage au hasard au 2^{ème} degré de cinq villages par commune retenues au premier tirage, selon un pas de sondage et un point de départ aléatoire. Les villages retenus sont : Bababougou, Diouladiassa, Fanale, Samakele, Tioribougou (Commune de Ben-Kadi), Bougouba, Djenedje marka, Kawerla, M'pakarla, Toubacoura (Commune de Duguwolo wila), Barsafe, Guegouan, Madina sacko, Ouoro, Tienkoroba (Commune de Madina Sacko), Bouala, Maribougou Fittobe, Niare, Sikoro, Toubacoro (Commune de Toubacoro) ;
- Tirage au hasard au 3^{ème} degré de 23 exploitations agricoles ou unités de production selon un pas de sondage et un point de départ aléatoire. Au niveau de l'exploitation agricole, l'unité d'enquête est le chef d'exploitation. En cas d'absence, un membre de l'exploitation a servi de répondant.

Tableau 4 : Communes, villages et nombre d'unités d'exploitation agricole retenus pour l'enquête quantitative

Commune	Villages	Nombre d'unités d'exploitation enquêtée
Benkadi	Bababougou	23
	Diouladiassa	23
	Fanale	23
	Samakele	23
	Tioribougou	23
Duguwolo Wula	Bougouba	23
	Djenedje marka	23
	Kawerla	23
	M'pakarla	23
	Touba	23
Madina Sacko	Barsafe	23
	Guegouan	23
	Madina sacko	23
	Ouoro	23

	Tienkoroba	23
Toubacoro	Bouala	23
	Maribougou Fittobe	23
	Niare	23
	Sikoro	23
	Touba sylla	23
TOTAL	20	460

N'DIAYE B. F., 2011

La fraction de sondage est de : 460/1760, soit 1/4.

1.2.1.2.2 L'enquête qualitative

Pour les entretiens, l'échantillonnage a été raisonné. Le premier niveau d'échantillonnage est le village. Les critères de choix sont l'âge et le sexe. Le critère âge pour prendre la dimension temps en compte. Dans des sociétés tiraillées entre tradition et modernisme, les phénomènes naturels peuvent être différemment perçus en fonction de l'âge. Les moins de 40 ans ne sont pas très âgés pour apporter des éclairages sur des phénomènes qui se sont produits il y a 30 et plus ; mais leur appréciation de la situation actuelle peut être confrontée à celle de leur aînés pour déceler les spécificités propres à chaque génération dans la gestion des systèmes de production. Le critère sexe permet de '*genrer*' l'information et d'avoir ainsi le point de vue d'un acteur fréquemment ignoré, en l'occurrence les femmes. La technique du focus groupe a été préférée à l'entretien individuel dans le souci de varier les points de vue.

Deux focus groupe ont été constitués : celui des hommes et celui des femmes. Celui des hommes est composé du chef de village et de ses conseillers, des jeunes et d'autres leaders communautaires (imam, guérisseur traditionnel, etc.). L'objectif est de tracer l'historique du village en s'arrêtant sur les faits majeurs qui ont pu avoir un impact sur les systèmes de production. Les interlocuteurs sont invités à donner leurs perceptions des changements majeurs intervenus dans le climat local et des transformations techniques, économiques et sociales engendrées par l'évolution des états de surface. Ils doivent aussi débattre des contraintes actuelles et des possibilités de solution à l'échelle de la collectivité.

L'entretien avec les femmes a pour objectif de recueillir les appréciations des femmes sur l'évolution du climat local et de comprendre comment elles sont affectées par les changements environnementaux et comment elles réagissent.

Le 2^e niveau d'échantillonnage est la commune. Les entretiens ont lieu avec les élus communaux (maires, conseillers, secrétaires généraux). L'objectif est d'avoir l'appréciation d'un nouvel acteur dont le rôle est de plus en plus déterminant dans la gestion des ressources naturelles.

Le 3^e niveau d'échantillonnage est le cercle. Il s'agit essentiellement des services techniques déconcentrés notamment les agents des eaux et forêts, de l'agriculture et de la production animale. L'entretien a permis d'aborder les textes réglementaires en matière de gestion des ressources naturelles. (Tableau 5)

Tableau 5 : Nombre de personnes interviewées

Commune	Villages	Nombre de personnes interviewées			
		Focus groupe homme	Focus groupe femme	Élus communaux	Agents des services techniques
Benkadi	Bababougou	6			
	Diouladiassa	8			
	Fanale	7		3	1
	Samakele	8			
	Tioribougou	7			
Duguwolo Wula	Bougouba		14		
	Djenedje marka	11			
	Kawerla				
	M'pakarla				
	Touba		8	4	2
Madina Sacko	Barsafe	7			
	Guegouan	12			
	Madina sacko			3	1
	Ouoro				
	Tienkoroba	6			
Toubacoro	Bouala	8			
	Maribougou Fittobe				
	Niare	11	9		
	Sikoro				
	Touba sylla	8	22	4	1
TOTAL		99	53	14	5

N'DIAYE B. N., 2011

Les enquêtes quantitative et qualitative sont complétées par l'observation. Les changements climatiques ont entraîné des transformations considérables au sein des communautés

villageoises. L'expérience nous enseigne que les réponses fournies par le villageois ne reflètent pas toujours ses pratiques. Il arrive qu'un exploitant se réfère à des pratiques courantes observées chez les voisins plutôt qu'à ses propres pratiques ou d'occulter involontairement certaines de ses pratiques. L'observation des activités agricoles offre l'occasion de constater de visu les écarts entre les dires et les faires du paysan, de discuter avec lui de ce qu'il fait, du pourquoi et du comment.

1.2.1.2.3 Le déroulement des enquêtes

Dans toutes les localités la même procédure a été suivie : la prise de contact, le choix des enquêtés, l'administration du questionnaire et l'entretien.

A son entrée dans le village, l'équipe d'enquête s'est dirigée vers le domicile du chef de village. Après les salutations d'usage, l'identité des enquêteurs est déclinée et l'objet de la visite porté à la connaissance du chef de village. Ce dernier a alors convoqué une réunion de conseil villageois. Une 2^e fois l'identité des enquêteurs est déclinée et l'objet de la visite porté à la connaissance de tous. Chacun donne son avis qui est toujours favorable. Alors l'équipe passe au tirage des UPA à enquêter à partir du rôle numérique disponible au niveau du chef de village. Avant de lever la séance le rendez-vous (heure et lieu) est pris pour l'entretien avec le focus groupe des hommes. Au niveau des exploitations retenues pour l'enquête, avant de commencer l'administration du questionnaire, une 3^e fois, l'identité de l'enquêteur est déclinée et l'objet de la visite porté à la connaissance du chef de l'UP ou à son représentant.

1.2.1.3 Les instruments de collecte, de traitement et d'analyse des données

Les instruments utilisés ont été choisis en fonction de la nature des informations à collecter. Un questionnaire et un guide d'entretien pour la collecte des données socioéconomiques, trois logiciels d'analyse statistique (SPSS 19.0, Excel 2007 et XLSTAT 2013), un GPS (Global Positioning System) pour relever les coordonnées de certains endroits repères et deux logiciels SIG et de télédétection (Arcgis 9.3 et ERDAS Imagine 9.1).

1.2.1.3.1 Le questionnaire et le guide d'entretien

Le questionnaire a été standardisé de manière à pouvoir comparer les réponses des différents répondants. Par conséquent, les questions sont formulées de manière précise et posées de façon identique à tous les individus de l'échantillon.

Pour faciliter la collecte, le questionnaire a été structuré en 4 grandes sections se succédant de manière logique est élaboré : caractéristiques de l'unité de production (UP), perceptions sur le climat et son évolution, agriculture et élevage et ressources sylvicoles.

Le guide d'entretien, comme son nom l'indique, est une liste de thèmes à aborder avec un répondant. Son but est de rappeler, sous forme de points de départ à la discussion, les principaux thèmes à ne pas oublier. Il ne s'agit pas d'une liste de questions à poser, même si l'un ou l'autre point peuvent être formulés sous forme interrogative. Le principe général du guide d'entretien est de garantir un maximum de flexibilité à l'entretien. Les points abordés portent sur l'historique du village, les perceptions sur le climat et son évolution, les activités agricoles et les changements climatiques, les ressources naturelles et les changements climatiques, la gestion décentralisée des RN dans un contexte de changements climatiques, le genre et les changements climatiques et les politiques en matière de lutte contre les changements climatiques.

1.2.1.3.2 Le GPS

Il s'agit d'un système de navigation par satellite qui utilise les signaux d'un certain nombre de satellites pour déterminer une position à la surface du globe. Il a servi à relever les coordonnées de certains endroits repères. Les relevés de points au GPS ont permis de localiser sur l'image, des phénomènes actuels observés sur le terrain.

1.2.1.3.3 Les logiciels d'analyse statistiques (SPSS, Excel, XLSTAT)

Les analyses quantitatives (données pluviométriques et sociodémographiques) effectuées dans le cadre de cette recherche reposent sur la statistique classique. Il s'agit de méthodes statistiques basées sur l'exploitation d'une seule série de données : les statistiques descriptives (moyenne, coefficient de variation, fréquence, ...), les tests de détection de rupture basée sur les probabilités de changements de moyenne au sein de la série.

1.2.1.3.4 Les logiciels SIG et de télédétection (ACRGIS et ERDAS imagine 9.1)

Les potentialités des SIG en font un outil privilégié pour la gestion des ressources naturelles. La possibilité de stocker les informations utiles à la connaissance de la région étudiée (les données satellites en font largement partie), la capacité de pouvoir les croiser pour mettre en

évidence certains phénomènes, comme par exemple la dégradation de zones forestières, et d'en expliquer le processus en prenant en compte les facteurs du milieu physique et humain, peuvent justifier l'utilisation de tels systèmes.

La télédétection est un instrument efficace de surveillance de notre environnement sur de larges étendues, de faire des comparaisons dans le temps et dans l'espace afin de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes. Ainsi pour mieux cerner les interrelations entre dynamique environnementale et les systèmes de production agricole, une analyse diachronique du phénomène à partir d'images satellitaires Landsat, a permis de mieux appréhender l'évolution de l'état de surface et de mieux interpréter les phénomènes liés à la modification de cet environnement.

1.2.1.4 Le traitement et l'analyse des données

Le traitement et l'analyse des données ont été réalisés à trois niveaux compte tenu de leur nature multiple.

1.2.1.4.1 Le traitement et l'analyse des données pluviométriques

Dans l'abondante littérature scientifique consacrée à l'approche statistique des séries climatiques temporelles, les traitements statistiques concernent principalement la détection des changements brusques des caractéristiques de loi de distribution des variables climatiques. D'autres outils non statistiques, tels que les méthodes de calcul des déficits et les traces d'évolution des indices pluviométriques, permettent également de dégager des tendances climatiques avant la détection des dates de rupture proprement dites. Nous avons eu recours à un ensemble de méthodes de détection de rupture(s) des séries pluviométriques interannuelles au cours de la période d'étude retenue : le test de PETTITT (1979), la méthode statistique de « U » BUISHAND (1984) et le Test d'homogénéité normal standard (SNHT). L'objectif ici, consiste à présenter les outils qui vont nous permettre de préciser l'ampleur des changements climatiques actuels et les ruptures survenues au niveau local. Une « rupture » peut se définir par un changement brusque dans la loi de probabilité des variables aléatoires dont les réalisations successives définissent les séries chronologiques étudiées (LUBES *et al.* 1998). Les trois méthodes permettent de détecter un changement dans la moyenne de la variable traitée dans la série.

Pour l'application de ces différents tests de détection de rupture, le logiciel XLSTAT en version d'évaluation a été utilisé. XLSTAT utilise Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Mais Tous les calculs sont réalisés en dehors d'Excel

1.2.1.4.2 Le traitement et l'analyse des données de végétation

La démarche utilisée combine l'interprétation visuelle des images satellitaires avec une bonne connaissance de la zone d'étude suite à diverses missions de vérification sur le terrain.

1.2.1.4.2.1 Le prétraitement des images

Il s'agit des opérations effectuées sur les images en amont de tout traitement de façon à les corriger ou les améliorer géométriquement et radiométriquement. La correction géométrique a consisté à rectifier les images de manière à les rendre superposables à d'autres images ou à des documents cartographiques de référence. Elle est nécessaire dans toute application où des localisations géographiques précises doivent être identifiées. La correction radiométrique quand à elle a consisté à modifier l'aspect visuel de l'image en vue de faciliter son interprétation. Après avoir réalisé les opérations élémentaires d'ajustement de contrastes (rehaussement de luminance) et de lissage, une composition colorée en fausse couleur a été élaborée. Cette dernière consiste à superposer les bandes du canal vert, rouge et proche infrarouge et de les afficher respectivement en bleu, vert et rouge. Sur l'image résultante (composition colorée), la végétation apparaît en rouge (forte réflectance dans le proche infrarouge), les parcelles dénudées de végétation et les étendues sableuses apparaissent en blanc (forte réflectance dans les trois canaux) et les étendues d'eau en noir (faible réflectance dans les trois canaux).

1.2.1.4.2.2 L'assemblage des scènes ou mosaïquage

Une fois les scènes géo-référencées, elles sont raccordées les unes aux autres automatiquement, en fonction de leur position exacte à la surface de la terre : c'est le mosaïquage. Ce dernier permet non seulement d'avoir une vision d'ensemble de la zone d'étude mais aussi d'obtenir une base de données pour la réalisation de notre étude.

1.2.1.4.2.3 L'analyse et l'interprétation

C'est au cours de cette phase qu'ont lieu les traitements permettant de faire ressortir les différentes classes thématiques et de l'occupation du sol. Elle est réalisée sur la base d'une discrimination visuelle des éléments du paysage. Une clé d'interprétation a d'abord été

élaborée. Elle permet de définir les différentes unités végétales et en fonction de leurs caractéristiques observables sur les images. Son élaboration se base sur les caractéristiques topologiques et spectrales des unités (structure/texture, forme, teinte, et distribution spatiale), et sur des informations récoltées sur le terrain. Les unités retenues sont : zones de culture / jachère, savane arborée arbustive, prairie arbustive, galerie forestière et sols dénudés, plan d'eau.

1.2.1.4.2.4 La cartographie par interprétation visuelle

Afin d'aboutir à une cartographie thématique des états de surfaces des images satellites Landsat, une classification supervisée est mise en œuvre. Cette étape de délimitation a permis non seulement d'élaborer des cartes sur la base des images disponibles mais aussi de calculer de façon automatique les superficies des différentes unités végétales.

1.2.1.4.2.5 L'analyse des changements entre 1972 et 2006

L'opération consiste à superposer les données de 2006 avec celles de 1986 et de 1972. Les données issues du résultat de ce croisement sont exploitées de façon à faire ressortir les changements obtenus entre les trois dates. En raison de l'étendue du cercle, trois communes-sites ont été sélectionnés. Il s'agit des mêmes communes sélectionnées pour les enquêtes : Ben Kadi, Duguwolo wula, Madina Sacko. Leur superficie correspond à 40 % de l'ensemble du cercle d'étude. C'est au niveau de chaque site que des études diachroniques ont été réalisées.

Un des objectifs visés par la réalisation de l'étude diachronique est de dégager les grands changements intervenus dans le temps et dans l'espace et d'en évaluer leurs causes. Les données obtenues de l'interprétation des images LandSat de décembre 1972, novembre 1986 et décembre 2006 de chaque site ont été analysées et comparées. Pour chaque unité de l'occupation du sol, le taux d'évolution annuel est calculé selon la formule ci-après :

$$T_{\text{annuel}} = \frac{Vi_{2006} - Vi_{1972}}{100 \times P}$$

où Vi_{2006} représente la valeur des statistiques de la strate i en 2006 ;

Vi_{1972} est la valeur des statistiques de la strate i en 1972 ;

P est la durée de la période d'observation entre 1972 et 2006 qui est de 42 ans.

Toutes les transformations d'une unité végétale vers une autre sont appréciées à travers la réduction ou l'augmentation de la superficie de l'unité initiale. Ainsi un bilan peut être dégagé par unité. Ce qui permet une analyse fine de chaque changement opéré et son explication à partir de la localisation du changement.

1.2.1.4.3 Le traitement et l'analyse des données sociodémographiques et économiques

Les informations recherchées ont porté sur : les indicateurs sociodémographiques et économiques, la perception des populations sur le climat local et ses conséquences, les pratiques agricoles, les ressources naturelles, les stratégies des acteurs locaux (migrations, gestion de l'espace, diversification des activités) et les savoirs locaux. L'intérêt de ces données aussi bien qualitatives que quantitatives est qu'elles permettent d'approfondir la réflexion et de dégager des tendances. L'information demandée est appréciée dans le temps en termes d'augmentation, de diminution, de disparition, d'apparition, etc. Ainsi, à partir des fréquences cumulées et de certains croisements de variables, la tendance d'évolution, les périodes de rupture, les causes explicatives et les stratégies d'adaptation pour plusieurs activités, faits naturels, états, etc. déterminantes pour la vie socioéconomique et culturelle des exploitations agricoles ont pu être ressorties. Toutefois, ces informations doivent être manipulées avec beaucoup de précautions tant le discours des populations rurales est souvent imagé et vague. Par ailleurs, le paysan ne fait pas toujours nécessairement ce qu'il dit. Il arrive qu'un exploitant se réfère à des pratiques courantes observées chez les voisins plutôt qu'à ses propres pratiques.

Ces données d'enquêtes terrains sont complétées et validées par les données des annuaires des statistiques agricoles et forestières. Les données disponibles portent notamment sur la production, les superficies, les rendements, la taille des exploitations, le nombre d'exploitations, les prix, etc. Elles permettent donc de suivre à partir de données fiables l'évolution spatio-temporelle des différentes activités agricoles du pays. Le constat est que cette source n'est pas disponible sur de longue période, et à l'échelle locale ce qui rend difficile leur utilisation dans le cadre de cette recherche.

1.2.2 : Les limites de l'étude et les difficultés rencontrées

Chercher à comprendre les perceptions des populations du cercle de Banamba sur leur climat et sur la dynamique de leurs ressources naturelles, les incidences de ces dynamiques sur les

sociétés et leurs actions en retour sur ces ressources, telle était notre challenge. Nous avons voulu être au carrefour de ce qu'on appelle les « sciences de l'homme » et les « sciences de la nature ».

La première limite d'une telle étude est d'ordre méthodologique, du fait qu'elle met en confrontation plusieurs disciplines de plus en plus spécialisées, ayant des méthodes et des langages propres. Dans cet enchevêtrement de relation, faut-il, sans prendre parti au départ, utiliser les principes de l'une ou de l'autre catégorie de sciences ? Se pose alors la question de savoir, d'une part dans quelle proportion cette utilisation sera faite et, d'autre part être en mesure d'en contrôler les proportions ? Quel rapport établir entre ces catégories de science ? Faut-il privilégier le rapport dialectique ou risquer la synthèse dans une approche systémique ? Telles sont, posées sous formes de questions, les principales difficultés théoriques auxquelles nous avons été confrontés tout au long de ce travail.

L'absence de station synoptique, capable de fournir des paramètres climatiques complets dans la zone d'étude, constitue la deuxième limite de notre étude. Des analyses aux échelles fines, surtout pour ce qui est des éléments pluviométrique et thermique n'ont pu être possibles. En outre, les difficultés d'accès aux données journalières, nous ont amené à porter les analyses sur les cumuls mensuels et annuels pour ce qui est de la pluviométrie et sur les moyennes annuelles en ce qui concerne les données thermiques.

La troisième se rapporte aux données secondaires. Celles-ci n'étant pas recueillies par nous mêmes selon les critères qui conviennent le mieux à notre étude, elles ont fait l'objet de manipulation destinée à les présenter sous la forme requise pour la vérification des hypothèses. Ces manipulations sont toujours délicates car elles peuvent altérer les caractères de fiabilités qui ont précisément justifié l'utilisation de ces données.

Enfin, l'outil statistique peut décrire des relations, mais il ne dispose pas en lui-même d'un pouvoir explicatif. C'est le chercheur qui donne un sens à ces relations par le modèle théorique qu'il a construit au préalable et en fonction duquel il a choisi une méthode d'analyse statistique. Cet exercice est toujours périlleux pour le chercheur qui peut, involontairement, occulter des éléments d'explication très pertinents.

Chapitre 2 : Le cadre physique, humain et les activités économiques du cercle de Banamba

En milieu rural, les ressources dites naturelles occupent une place de choix dans les relations nature/société. Elles ne sont pas sans influencer l'organisation et la vie des sociétés rurales de même que l'élaboration des systèmes de production agricole. Ainsi, sans tomber dans du déterminisme géographique, il est un devoir pour le géographe de toujours passer par la description et l'interprétation des composantes du milieu naturel (climat, sol, végétation). Une sorte de retour aux sources. La description de la terre (*geo-graphie*) n'est-elle pas sa première vocation ? Bref, la description et l'analyse des conditions biophysiques de la zone d'étude, permettra de dégager les impératifs naturels dont les effets déterminent certainement les modes de production des sociétés rurales dans la zone étudiée.

Dans un premier temps, le milieu biophysique est abordé en tant que substrat ou support des systèmes de production, avec ses opportunités et ses contraintes. L'étude du milieu biophysique est suivie par celle du milieu humain. Dans un second temps, les principales caractéristiques sociodémographiques et économiques des unités d'exploitation agricole sont abordées.

2.1 La présentation générale du cercle de Banamba

Le cercle de Banamba est situé à environ 120 km au nord de Bamako. Il occupe une position centrale dans la région de Koulikoro précisément entre 13°32 et 14°42 de latitude Nord et 6°63 et 7°82 de longitude Ouest. Son chef lieu de cercle est Banamba. Le cercle couvre une superficie de 8192,93km². Elle est limitée au Nord par le cercle de Nara, au Sud par le cercle de Koulikoro, à l'Ouest par le cercle de Kolokani et à l'est par le cercle de Ségou. Le cercle compte neuf communes (figure 9).

En se référant au zonage agro-écologique réalisé au Mali par le projet inventaire des ressources terrestres (PIRT) et le Projet Inventaire des Ressources Ligneuses (PIRL). Le cercle appartient à la zone agro-écologique du Plateau Mandingue et au domaine bioclimatique Soudanien Nord.

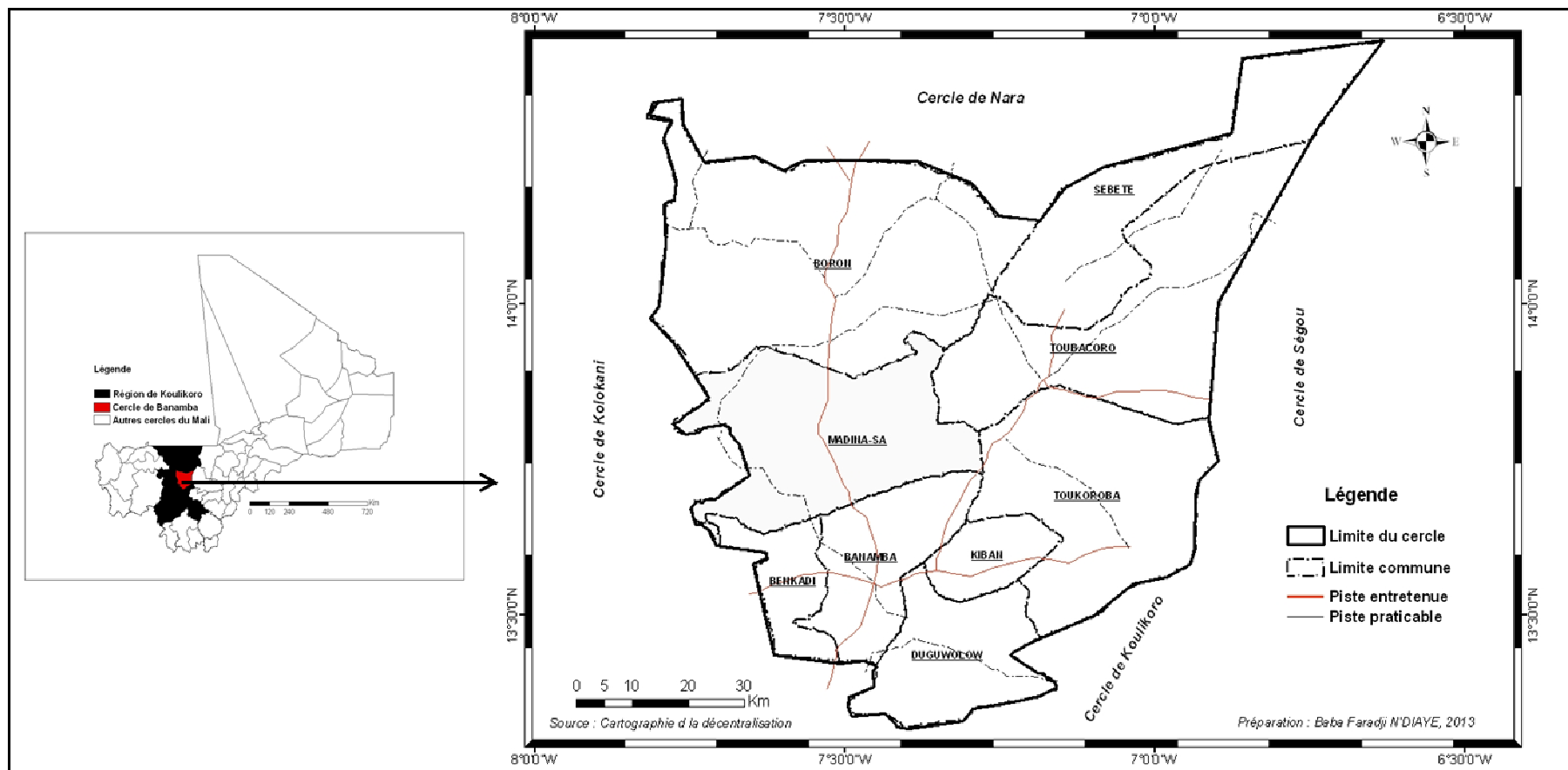


Figure 9: carte administrative du cercle de Banamba

N'DIAYE B. F., 2013

2.1.1 : **Le cadre physique**

L'étude du milieu physique porte sur le contexte morpho-structurel, le climat, les sols et les formations végétales.

2.1.1.1 Un contexte morpho structural ancien et varié

Le socle appartient au craton et plus précisément au bouclier éburnéo-libérien, formé à la suite de l'orogénèse éburnéenne. Soumises à une longue érosion, les chaînes sont en grande partie démantelées. A partir du précambrien supérieur, les matériaux résultant de ce façonnement remplissent bassins et fosses pour constituer la couverture sédimentaire. L'auréole du précambrien supérieur essentiellement gréseux, mais presque azoïque, forme d'ailleurs les plateaux mandingues dont la terminaison orientale est visible dans la partie sud-est, centrale et nord du cercle.

Selon STROOSNIJDER L. (1982), la plupart du Sahel est situé juste au nord du socle du précambrien d'Afrique Centrale et doit être considéré comme une série de grandes dépressions (synclinales) qui sont remplies avec des produits d'érosion du socle depuis le précambrien. Ce qui explique la platitude du Sahel dans son ensemble (PENNING DE VRIES F.W.T et. DJITEYE M.A (éd.), 1991).

Le modelé du cercle se caractérise par sa platitude. Le relief est peu accidenté et constitué d'une succession de plateaux, de glacis et de dépressions, caractéristiques des paysages sahéliens. Les reliefs les plus élevés du plateau culminent à environ 450 mètres. Les principales unités morpho-pédologiques se sont formées par accumulation, aplanissement et par dissection (PIRL 1990). Il s'agit essentiellement :

- des dépôts alluviaux dus aux délaissés des rivières, à l'engorgement des basses plaines pendant l'hivernage favorisés par la nature faible des pentes (0 – 4 %). La texture est grossière (galets, graviers) à fine avec un recouvrement sableux ou sablo-limoneux ;
- du glacis d'épandage. Il s'agit d'une plaine à pente faible (2 – 6 %) et la présence d'affleurement gréseux et de cuirasse en bas de pente. Le glacis d'épandage est à faciès de sables limoneux. La texture est fine à grossière. On note souvent la présence de nappe phréatique ;
- des dunes fixées et de dépôts sableux. Formes alluviales caractérisées par des dépressions et des buttes sablo-limoneuses. Ils forment une plaine horizontale ou peu inclinée ($\leq 2\%$) avec un réseau de drainage et des mares temporaires. La texture est sableuse en surface (recouvrement éolien) et sablo-limoneuse sur le reste du profil ;

- des formes de dissection composées de relief tabulaire à sommet cuirassé influencé par le substratum et de buttes témoins. Cet ensemble fait suite aux monts mandingues dont il constitue la terminaison orientale. Les reliefs les plus élevés culminent à environ 450 mètres. Ils sont à recouvrement sableux à sablo – limoneux peu épais. La texture est fine ou grossière avec des gravillons, des blocs de cuirasse de grès, de dolérites, de dalles de grès souvent en chaos.

Dans le détail, le relief est parcouru par un réseau de vallées étroites et sinueuses notamment dans la partie sud – est et centrale du cercle. Elles recueillent les eaux de ruissellement et constituent les principaux cours d'eau temporels de la commune. Dans son ensemble, le relief du cercle favorise les phénomènes d'érosion hydrique et éolienne. Ces phénomènes s'observent beaucoup sur les sols sableux et sablo – limoneux. En effet, le décapage des couches superficielles des sols squelettiques a favorisé l'extension des zones gravillonnaires et des plages dénudées (Bowé). Cette situation est en grande partie responsable de l'occupation actuelle des terroirs villageois du cercle.

2.1.1.2 Un climat à deux saisons caractérisé par une forte variabilité

Banamba appartient à la zone tropicale qui se caractérise par un climat influencé par deux phénomènes : les passages de la zone de convergence intertropicale (ZCIT) et les moussons. La ZCIT est la zone où convergent les masses d'air circulant entre la ceinture des basses pressions équatoriales et les masses de hautes pressions (anticyclones subtropicaux), situées au-dessus du désert du Sahara, en ce qui concerne l'hémisphère nord. Les vents secs engendrés par cette circulation Nord-Sud (les alizés) sont déviés par la force de Coriolis, ce qui leur confère une orientation Sud-ouest.

La configuration du continent africain et la remontée estivale de la ZCIT, entraîne la rencontre de deux types d'air : un air très chaud et très sec venant du Sahara et un air plus frais et plus humide venant du Golfe de Guinée. A la convergence de ces masses d'air, un front se forme (le front intertropical, ou FIT). A cet endroit, l'air humide s'enfonce en coin sous l'air sec avec une surface de contact fortement inclinée vers le Sud tandis que l'air sec s'élève au-dessus du FIT emportant sa charge potentielle en aérosols au-dessus de l'Atlantique.

La mousson ouest africaine (MAO) se développe pendant le printemps et l'été septentrionaux. La longueur de la saison des pluies diminue du Sud au Nord. La ZCIT et le maximum de

pluie combiné à celle-ci arrivent à leur point le plus au Nord au mois d'août. Le climat a une influence déterminante par trois facteurs agissant sur les phénomènes d'érosion physico-mécanique et les phénomènes de dégradation chimique et biologique des sols et de la végétation. Ce sont la pluviosité, la température et le vent.

Le cercle de Banamba est soumis à un climat tropical de type soudano-sahélien avec l'alternance de deux saisons bien distinctes : une saison sèche et une saison pluvieuse, (Figure 10).

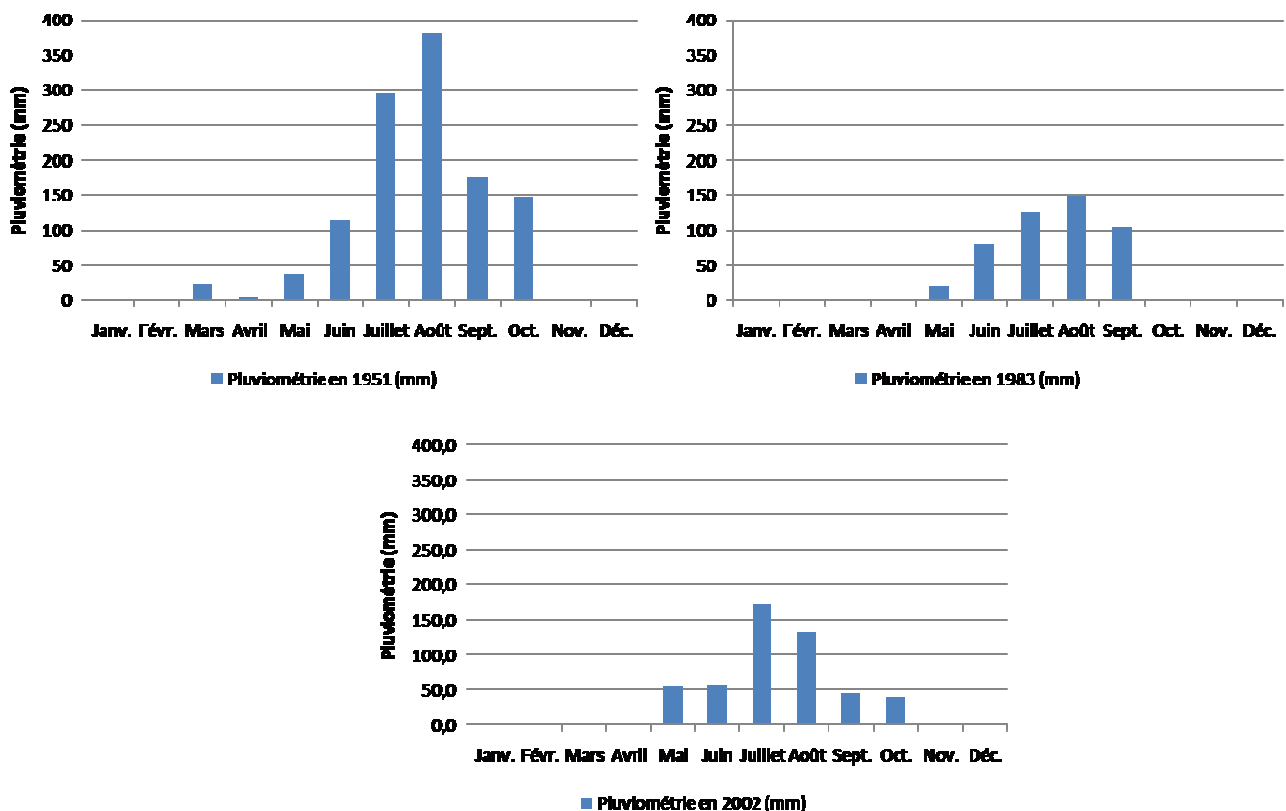


Figure 10: diagramme ombrique du cercle de Banamba en 1951, 1983 et 2002

N'DIAYE B. F., 2012

La saison sèche s'étend sur 7 à 8 mois (octobre / novembre à avril / mai). On y distingue deux périodes : une période chaude entrecoupée d'une période froide entre décembre et février. La saison pluvieuse couvre une période de 4 à 5 mois.

La distribution des pluies dans le temps est unimodale : il n'y a qu'une seule saison des pluies avec un pic pluviométrique mensuel le plus souvent au mois d'août. La moyenne annuelle sur

la période 1951 – 2010 se situe autour de 704 mm ; La zone d'étude se situe donc dans le Soudanien nord car la pluviosité moyenne est comprise entre 600 et 900 mm (Tableau 6)

Tableau 6: Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

Zone climatique	Sahel-Nord	Sahel-Sud	Soudan-Nord	Soudan-Sud
Pluviosité annuelle moyenne (mm) (1)	200-400	400-600	600-900	900-1200
Durée saison sèche (mois) (1)	7-9	7-9	6-8	6-8
Température moyenne (°C) (2)				
- Saison pluvieuse	31	30	29	28
- Saison sèche	26	25	26	27
Évaporation potentielle (mm) (2)	2000-2500	1800-2300	1600-2000	<1600

Source: (1) PIRL, 1988; (2) BREMAN H. et KESSLER J.J., 1995.

Pour avoir une caractéristique réaliste de la pluviométrie, il faut aller au delà de la moyenne arithmétique. Celle-ci masque en effet les observations extrêmes et minimise la somme du carré des écarts (FOX W., 1999).

L'analyse des caractéristiques de la série pluviométrique (1951-2010) note une différence significative entre paramètres de position (moyenne, médiane). L'écart entre le minimum et le maximum est très important. Le coefficient de variation annuelle se caractérise par une forte fluctuation. Il permet d'apprécier le degré de variabilité dans une série et la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne (tableau 7).

Tableau 7 : Caractéristiques statistiques des données pluviométriques annuelles (1951-2010)

Moyenne	704,3783333
Médiane	701,25
Mode	#N/A
Écart-type	168,6169474
Variance de l'échantillon	28431,67495
Coefficient d'asymétrie	0,451514189
Minimum	409,4
Maximum	1173,2
Nombre d'échantillons	60
Maximum(1)	1173,2
Minimum(1)	409,4

En se fondant sur le calcul de l'Indice de précipitations normalisé (IPS) adopté l'Organisation météorologique mondiale (OMM) en 2009 comme instrument mondial pour mesurer les sécheresses météorologiques, on peut remarquer les irrégularités des précipitations et leurs tendances à la baisse. De même, on distingue bien les périodes/cycles humides des périodes/cycles secs (figure 11).

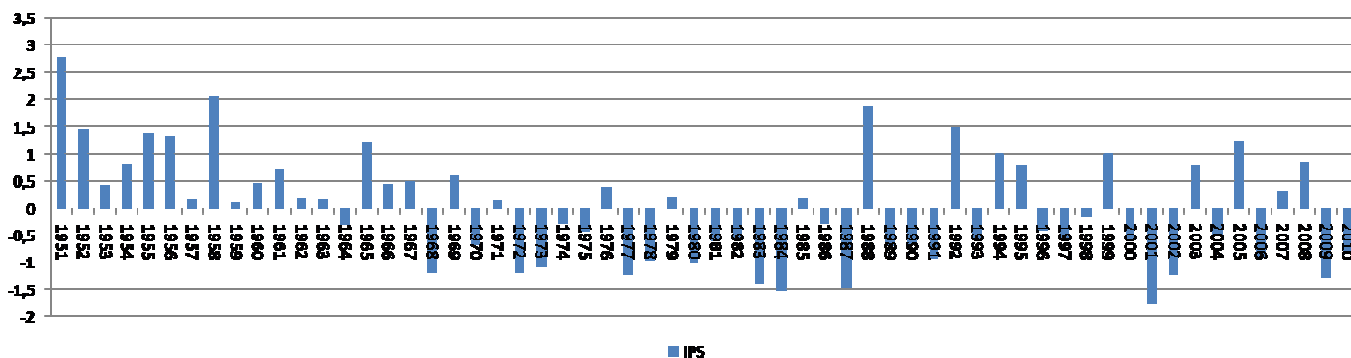


Figure 11: Indice de précipitation standardisé pour la station de Banamba (1951-2010)

N'DIAYE B. F., 2012

Les températures moyennes annuelles oscillent entre 27°C et 30°C. Elles sont de 29° C en saison pluvieuse et 26° C en saison sèche. Les variations de la température aggravent le déficit hydrique par l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle variant entre 1600 et 2000 mm par an (Tableau 6, ci-dessus). Depuis le milieu des années 1980, on constate une légère augmentation des températures (Figure 12).

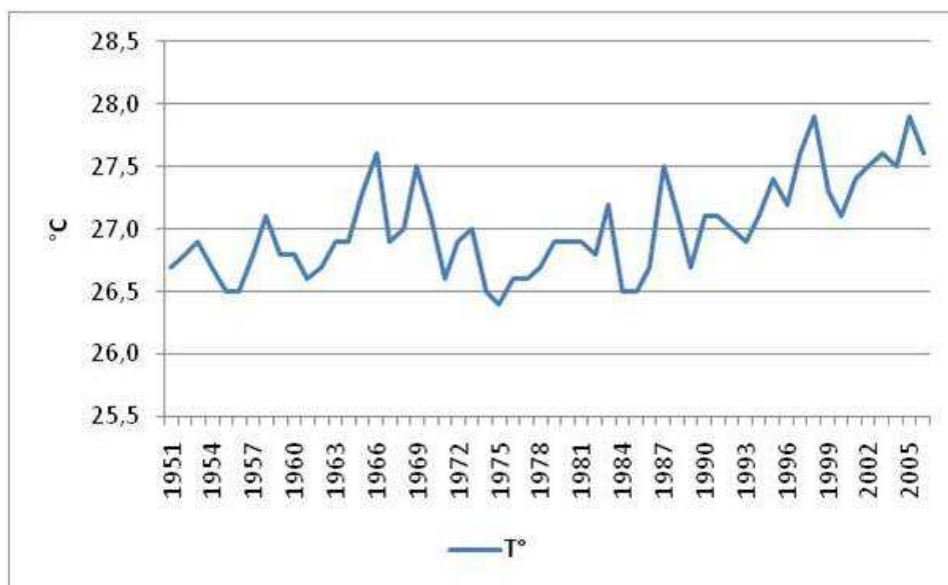


Figure 12: Variation temporelle de la température (1951-2006)

N'DIAYE B. F., 2012

A l'instar du pays, les totaux pluviométriques mensuels et annuels traduisent une diminution des précipitations en latitude. La zone à faible pluviométrie (< 800 mm) s'étend de plus en plus vers le sud. La zone à forte pluviométrie (> 1000 mm), au contraire, s'amenuise et ne se limite plus qu'à l'extrême sud. La ville de Bamako a vu sa pluviométrie annuelle passer de 1200 mm durant la décennie 50 à 800-900 mm durant la décennie 80 (figure 13).

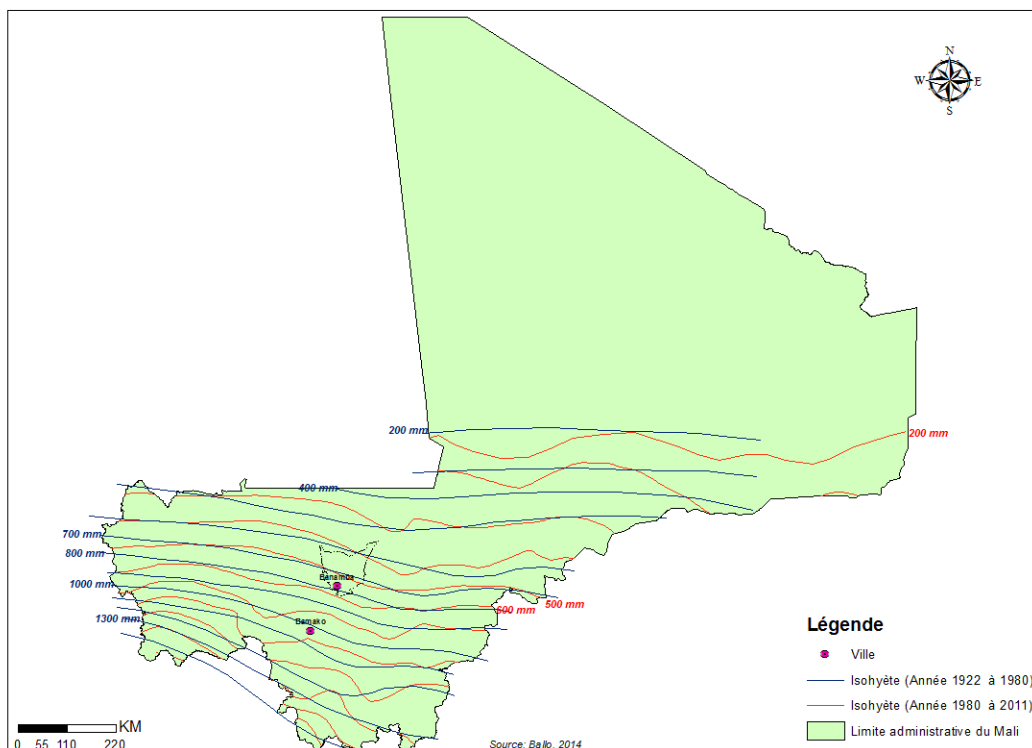


Figure 13: Evolution des isohyètes entre 1922-2011)

BALLO A., 2014

2.1.1.3 Des sols avec des caractéristiques variées

Le PIRT (1983) et le PIRL (1985-1991) ont mené deux études d'inventaire dans le cercle de Banamba. De ces deux études, l'accent a été mis sur la caractérisation des types de sols et des types de formations végétales associées. La classification des sols est une technique permettant de grouper les sols en catégories qui aident à comprendre leur formation, leurs propriétés et leurs utilisations. En Afrique on a beaucoup utilisé trois systèmes de classification des sols : la taxinomie américaine des sols, le système de la FAO qui est plutôt la légende d'une carte des sols mondiaux au 1:15000000 et le système français qui est employé surtout en France et en Afrique francophone (PIRT).

En ce qui nous concerne, nous reprenons les résultats de l'étude du Projet inventaire des ressources terrestres (PIRT). Dans cette étude, les sols ont été classés en fonction de la taxinomie américaine qui est considérée comme étant le système taxinomie le plus détaillé et le plus utilisé par les pédologues de nombreux pays. Cela est dû au fait que ce système se fonde sur des propriétés du sol et du climat qu'il est possible de chiffrer.

Notons tout de même, à la suite des spécialistes du PIRT, les problèmes particuliers que pose la classification des sols du Mali en fonction de cette taxinomie à savoir :

- L'identification sur le terrain des horizons de diagnostic faiblement évolués et des divers degrés d'hydromorphisme
- L'absence de certaines analyses des sols qui sont indispensables pour la classification de ces derniers
- La présence dans certains sols d'une cuirasse indurée que la taxinomie ne semble pas reconnaître suffisamment
- L'identification des régimes d'humidité et de température des sols.

En se basant sur l'étude du PIRT, 7 unités de sol ont été identifiées dans le cercle : les dunes mortes, les dunes aplanies, les plaines aplanies avec matériaux argileux, les plaines à matériaux limoneux fins, les plaines avec matériaux limono-sableux, les terrains sur cuirasse latéritique et les terrains rocheux (Figure 14).

2.1.1.3.1 Les dunes mortes (D)

Ce groupe représente 17,9 pour cent de la superficie du cercle. C'est une unité à paysage essentiellement dunaire qui occupe des dunes de sable stabilisées et bien développées dans la partie Sud-est du cercle. Les pentes vont de faibles à fortes. Les sols profonds bruns sont sableux dans tout le profil et portent une prairie annuelle modérément dégradée, caractérisée par *Cenchrus biflorus* (cram-cram) avec peuplement modérément dégagé de gros arbustes et de petits arbres caractérisés par *Bombax costatum*. Les sols sont desséchés et l'unité sert normalement au pâturage, bien qu'elle puisse également servir à une production marginale de mil près des habitations.

2.1.1.3.2 Les dunes aplanies (DA) :

Cette unité représente plus de la moitié des sols du cercle avec 51 pour cent. Elle occupe des dunes de sable aplanies et stabilisées et des plaines de sables sur une large bande continue allant du Nord-ouest au Sud-est. Elle présente en général des ondulations à pentes faibles. Les sols profonds, bien drainés et à texture modérément grossière, portent une végétation relativement dégagée d'arbustes de grande taille, d'arbres dispersés (surtout *Bombax*

costatum) et de graminées annuelles. L'unité est communément employée pour la culture notamment du mil, avec une période de jachère.

2.1.1.3.3 Les plaines aplanies avec matériaux argileux (PA) :

L'unité occupe des plaines limoneuses allant de plates à très faiblement inclinées, essentiellement dans la partie sud du cercle. Elle représente 7 pour cent de la superficie totale. Les sols sont limoneux, profonds et modérément bien drainés. Ils portent une végétation modérément dense de petits arbres et de gros arbustes, dominés par *Acacia seyal* et *Zizyphus mauritiana*. L'unité sert à la fois à la culture du sorgho et du mil et au pâturage.

2.1.1.3.4 Les plaines à matériaux limoneux fins (PL) :

Cette unité occupe des plaines alluviales plates à légèrement inclinées sur une mince bande, dans la partie Nord-est du cercle dont elle constitue simplement 0,7 pour cent. Les sols à texture modérément fine sont profonds et bien drainés et portent une végétation modérément dense d'arbres, notamment *Bombax costatum*, de gros arbustes et de graminées qui sont essentiellement annuelles. L'unité sert à la culture du mil et du sorgho ainsi qu'au pâturage.

2.1.1.3.5 Les plaines avec matériaux limono-sableux (PS) :

Ce type de sol se rencontre dans des plaines légèrement ondulées, d'ordinaire en bas de pente à inclinaison douce. Localisé dans l'extrême Nord-est du cercle, il représente 2,9 pour cent des sols du cercle. Le sol profond, a un horizon superficiel brun jaunâtre et une texture moyennement et modérément fine. Il est bien drainé et a une réaction acide. Il porte une végétation de gros arbustes, dominée par *Pterocarpus lucens* et *Combretum micranthum*. Le profil de végétation est ordinairement sporadique, avec des zones denses d'arbustes mélangées à des zones sans arbres et aplanies dénuées de végétation ou dominées par des graminées annuelles. Les zones dénuées semblent être associées à une érosion en nappe, à la déflexion éolienne et à la formation d'une couche de protection. L'unité sert généralement au pâturage.

2.1.1.3.6 Les terrains sur cuirasse latéritique (TC) :

On y distingue deux groupes situés dans l'extrême sud du cercle :

- Le premier groupe occupe des pentes latérisées, produits de l'érosion, allant de presque plates à inclinées, reposant sur une cuirasse endurcie. Il est le moins représenté avec seulement 0,3 pour cent. Les sols sont très gravillonnaires, à réaction acide et modérément profonds avant de rencontrer la cuirasse. Des graviers et des blocs de latérite encombrant souvent la surface. Les sols portent

une végétation dégagée à modérément dense de petits arbres, de gros arbustes et de graminées surtout annuelles. L'unité sert beaucoup à la fois à l'agriculture et au pâturage. Les cultures se pratiquent notamment sur les pentes inférieures, qu'elles rencontrent à partir des sols de meilleure qualité et plus utilisés des vallées.

-
- Le deuxième groupe occupe des surfaces aplanies et latérisées allant de plate à légèrement inclinée. Il représente 0,8 pour cent de la superficie du cercle. Le sol est très gravillonnaire et très mince jusqu'à la cuirasse, généralement bien drainé et souvent riche en matières organiques. Des graviers et des blocs de latérite encombrant souvent la surface. Des peuplements modérément denses de petits arbres et de gros arbustes sont dispersés dans toute l'unité. En outre, il y a des zones dégagées vastes qui portent une épaisse couverture de graminées annuelles pendant et aussitôt après la saison des pluies. L'unité sert essentiellement au pâturage.

2.1.1.3.7 Les terrains rocheux (TR) :

Contrairement à l'unité précédente, le sol repose sur des grès au lieu de reposer sur la cuirasse. Elle forme 19,4 pour cent des sols du cercle et occupe des zones à pente douce d'affleurement de grès et les sommets de buttes de grès, dans la partie Ouest du cercle.

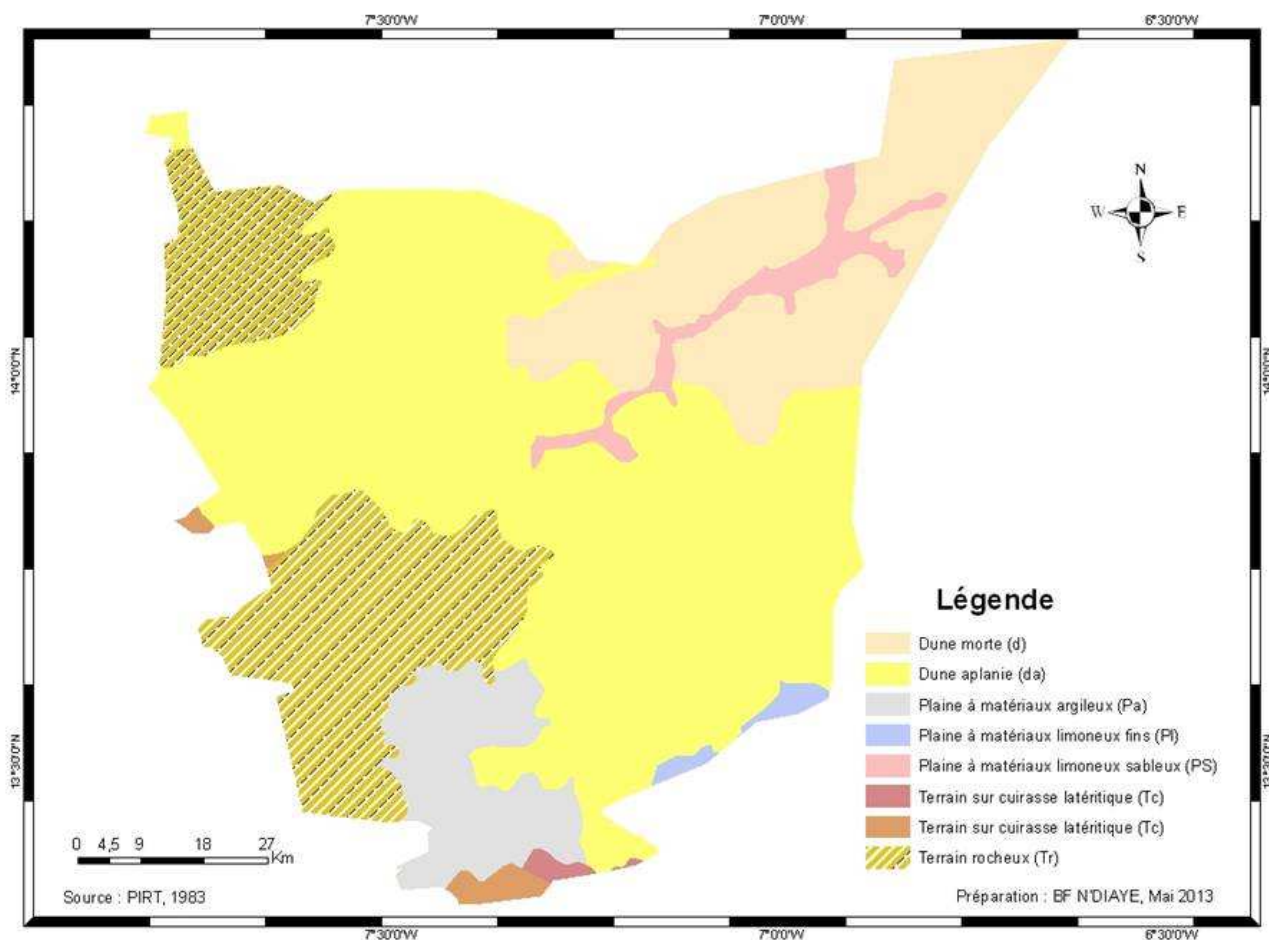


Figure 14: Carte des unités de sol

N'DIAYE B. F., 2013

Ces différentes unités présentent des caractéristiques physiques et chimiques très variées.

Tableau 8 : Propriétés physiques et chimiques des sols

Unités	Profondeur	Pente	Drainage	Texture		Réaction du sol		Conductivité hydraulique	Capacité pour l'eau disponible	Erosion	Erodabilité	Fertilité naturelle
				Surface	Sous-sol	Surface	Sous-sol					
da	Profond	Presque plate	Bon	Loamy sand	Sandy Loam	Moyennement acide	Moyennement acide	Moyenne	Moyenne	Faible	Basse	Moyenne
tc	Très peu profond	Légèrement inclinée	Assez excessif	Gravelly Loam	very Gravelly Loam	Fortement acide	Légèrement acide	Moyenne	Très basse	Moyenne	Moyenne	Basse
ps	Profond	Presque plate	Bon	Sandy Loam	Loam	Fortement acide	Fortement acide	Moyenne	Moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne
tr	Peu profond	Légèrement inclinée	Bon	Sandy Loam	Gravelly Loam	Fortement acide	Fortement acide	Moyenne	Très basse	Moyenne	Moyenne	Basse
D	Profond	Moyennement forte	Assez excessif	Loamy sand	Loamy sand	Moyennement acide	Fortement acide	Très rapide	Basse	Faible	Moyenne	Basse
pa	Profond	Presque plate	moyennement bon	Sandy Loam	Sand loamy Clay loam	Neutre	Moyennement acide	Moyenne	Haute	Faible	Basse	Moyenne
p	Profond	Presque plate	Bon	Sandy Loam	sandy Clay loam	Moyennement acide	Fortement acide	Rapide	Haute	Faible	Basse	Moyenne
tc	Moyennement profond	Légèrement inclinée	Bon	gravelly Sandy Loam	very gravelly clay loam	Moyennement acide	Fortement acide	Moyenne	Très basse	Faible	Moyenne	Moyenne

Source : PIRT 1983

2.1.1.4 Des unités végétales variées et difficiles à classifier

La végétation se présente sous forme de groupements d'espèces végétales auxquels on peut donner le nom de communautés de plantes. Ces groupements d'espèces apparaissent avec suffisamment de régularité dans le paysage pour qu'on puisse établir une classification des communautés de plantes.

Chaque espèce de plante possède une gamme d'adaptabilité donnée. Au point central de cette gamme, on peut dire que la plante jouit de son meilleur avantage compétitif alors que, aux limites extrêmes de la gamme, elle a une place moins importante dans son groupement avec d'autres plantes. On peut donc trouver une espèce dans plusieurs communautés différentes de plantes à divers niveaux d'importance dans ces communautés (PIRT, 1983)

On peut classer de plusieurs façons les communautés de plantes. Mais, plusieurs auteurs s'accordent pour soutenir que deux types de classifications sont les plus usités en Afrique occidentale (KOWAL J.M., KASSAN A.H., 1998 ; BOUDET C.,1976). La première classification se fonde sur des zones ou sous-zones écologiques liées au volume total des précipitations annuelles. La deuxième méthode consiste à grouper les communautés de plantes en fonction de leur aspect externe, par exemple pâturages, savane dégradée, forêt boisée, etc.

Au Mali, la classification de la végétation est confrontée à deux problèmes majeurs (PIRT, 1983). Il n'existe pas de classification qui établisse des catégories de végétation correspondant à des communautés de plantes qu'on puisse facilement identifier et reconnaître sur le terrain et qu'on puisse cartographier aux échelles de reconnaissance. La seconde difficulté réside dans le fait que la végétation est constamment dérangée par les activités anthropiques. En effet, la végétation est brûlée, pâturée et coupée pour la satisfaction des besoins en bois de chauffage et en terres de culture. Ainsi, dans un premier temps les unités végétales sont décrites selon leurs zones morpho-pédologiques ou écologiques. Dans un second temps, elles sont estimées en fonction de leur aspect externe.

2.1.1.4.1 La classification selon les zones morpho-pédologiques

En fonction des zones morpho-pédologiques définies plus haut, quatre paysages végétaux sont retenus : les paysages associés aux vallées étroites, les paysages associés aux glacis d'épandage, les paysages associés aux systèmes dunaires remaniés ou non et les paysages associés aux basses collines cuirassées.

2.1.1.4.1.1 Les paysages associés aux vallées étroites :

Ce sont des galeries forestières dominées par des essences classiques comme *Anogeissus leiocarpus*, *Mitragyna inermis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Piliostigma reticulatum*, *Acacia spp*, etc. Les graminées comportent un mélange d'hygrophiles et d'espèces des formations voisines : *Panicum laetum*, *Echinochloa colona*, *Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon pseudapricus*, *Aristida spp*, etc.

Le volume de ces formations qui sont les plus riches de cette zone varie entre 20 et 40 m³ / ha. Ces paysages sont peu étendus. Bien souvent leur largeur n'excède pas une cinquantaine de mètres et sont difficilement cartographiables. De plus elles ne se présentent pas de manière continue le long des rivières ce qui rend une estimation de leur superficie encore plus aléatoire. Leur vocation principale reste la conservation.

2.1.1.4.1.2 Les paysages associés aux glacis d'épandage :

Le paysage est essentiellement dominé par les cultures et les quelques secteurs non cultivés qui peuvent être séparés en zones « vierges » ou très anciennement occupées et en un système de jachères anciennes.

Suivant les potentialités locales, les zones « vierges » sont couvertes par une savane boisée ou une forêt claire généralement dominée par un groupe restreint de grands ligneux dominants comme *Burkea africana*, *Prosopis africana*, *Vitellaria paradoxa*, *Bombax costatum*, *Lannea acida*, etc. ; des ligneux dominés notamment *Combretum glutinosum*, *Detarium microcarpum*, *Terminalia laxiflora*, *Terminalia macroptera*, *lannea velutina*, *Pericopsis laxiflora*, *Monotes kerstingii*, etc. et des graminées a savoir *Andropogon gayanus*, *Andropogon pinguipes*, *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum subangustum*, *Hyparrhenia rufa*, *Diheteropogon amplexans*. Le volume de ces formations ligneuses est compris entre 25 et 45 m³ / ha (avec

une moyenne d'environ $35\text{m}^3 / \text{ha}$), tout en ne perdant pas de vue que dans certaines conditions favorables elles peuvent être nettement plus riches.

Les systèmes de jachères anciennes sont couverts par des formations de savane-verger à recru forestier plus ou moins développé, en fonction de l'âge et de la durée de la jachère. Ils sont essentiellement dominés par les arbres utiles : *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*. On y trouve aussi quelques gros pieds de *Khaya senegalensis*, *Ficus spp*, *Pterocarpus erinaceus*, et un recru héliophile à *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera*, *Pteleopsis suberosa*, *Piliostigma thonningii*. La couverture herbacée est un mélange de rudérale, d'adventices et de graminées de formation naturelle comme *Imperata cylindrica*, *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum subangustum*, *Andropogon gayanus*. Le volume ligneux de ces savanes vergers oscille entre 15 et $30\text{m}^3 / \text{ha}$ (avec une moyenne d'environ $20\text{m}^3 / \text{ha}$) en fonction du nombre d'individus conservés et de leur taille.

2.1.1.4.1.3 Les paysages associés aux systèmes dunaires remaniés ou non

La végétation est une savane arbustive claire largement dominée par le *Combretum glutinosum*. Ici et là nous trouvons quelques grands individus de *Prosopis africana*, *Bombax costatum*, *Sclerocarya birrea*, *Sterculia setigera* qui sont bien souvent morts ou dépérissants. La strate graminéenne est dominée par les psammophiles : *Schoenefeldia gracilis*, *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula*, *Aristida spp*. Localement et de façon sporadique certains creux interdunaires présentent des sols à tendance hydromorphe et une végétation dominée par *Acacia spp*, *Ziziphus mauritiana*, *Feretia apodanthera*, etc. Le volume à l'hectare est médiocre voire très faible, de l'ordre de $10\text{m}^3 / \text{ha}$ pour une pluviométrie comprise entre 600 et 800 mm / an et de $5\text{m}^3 / \text{ha}$ pour une pluviométrie inférieure.

2.1.1.4.1.4 Les paysages associés aux basses collines cuirassées

La végétation se présente en plaques dominées par *Pterocarpus lucens*, *Cobretum spp*, localement quelques pieds de *Bombax costatum* ou *Lannea microcarpa* émergent de la strate buissonnante. A certains endroits, les plaques s'amenuisent et se réduisent à un individu. La densité baisse et l'on note l'apparition de taxons nettement xériques comme *Acacia raddiana*. Sur tout le profil, la strate herbacée change peu et est composée d'annuelles sur sols gravillonnaires comme *Loudetia togoensis*, *Microchloa indica*, *Andropogon pseudapricus*,

Elionurus elegans. Dans les parties où la pluviométrie est supérieure à 800 mm / an, le paysage est un système de savane arborée ou boisée et de bowé. Les bowé sont essentiellement dominés par des herbacées annuelles comme *Adropogon pseudapricus*, *loudetia togoensis*, *Ctenium spp.* On y trouve localement quelques pieds rabougris ou mal conformés de *Combretum spp*, *Lannea spp.*

Dans l'ensemble le volume ligneux est faible et varie de 0 à 20 m³ / ha en fonction du degré de cuirassement et de la pluviométrie.

2.1.1.4.2 La classification selon l'aspect externe des unités d'occupation du sol

Le type de végétation est l'unité moyenne d'étude de la végétation. C'est un grand ensemble qui imprime au paysage une physionomie particulière parce qu'il résulte de l'accumulation d'espèces variées mais qui appartiennent en grande majorité à une même forme biologique (arbre, arbuste, herbacée). Les définitions des formations végétales ont été reprises de la Norme d'inventaire DNCN (DNCN, 2009). Celles-ci comprennent l'ensemble des formations végétales présentes au Mali. Les résultats de l'interprétation des images satellitaires Landsat 2006 de l'ensemble du cercle délimitent six grandes unités (Carte des unités d'occupation du sol). Au total, 78 % du territoire du cercle est couverte de végétation. Ce qui représente une bonne réserve de terres aptes pour l'agriculture (Figures 15 et 16).

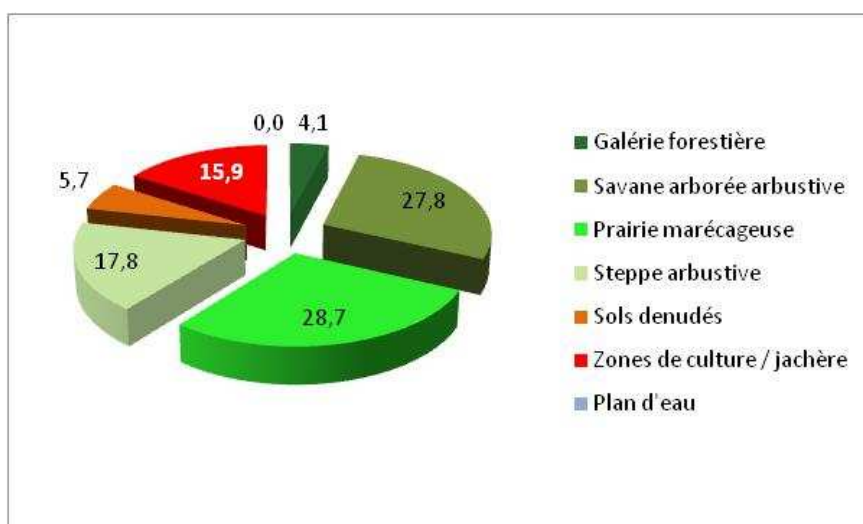


Figure 15: Pourcentages des unités d'occupation du sol

N'DIAYE B. F., 2013

Les principales unités d'occupation du sol sont :

2.1.1.4.2.1 La galerie forestière :

Elle couvre 4,1 % de la superficie totale du cercle. C'est une végétation à couvert fermé, de stature moyenne, constituée de plusieurs strates qui forment un couloir de verdure accompagnant les cours d'eau permanents et temporaires ou les dépressions de terrain en zone de savane. Elle forme une frange étroite, large de 30 à 180 m à couvert transversalement non interrompu et à voûte nettement plus supérieure à celle des peuplements avoisinants. Le volume moyen dans ces types de formation est compris entre 90 et 250 m³ /ha. La hauteur dominante est souvent supérieure à 17 m.

2.1.1.4.2.2 La savane :

Elle occupe 27,8 % de la superficie totale. Quand elle est arborée, les arbres et arbustes sont disséminés parmi le tapis graminéen. Ils sont moyennement nombreux et atteignent 6 à 8 m de haut, exceptionnellement plus. Le volume moyen est inférieur à 20m³/ha et la hauteur dominante supérieure à 7 m. En plusieurs endroits, les végétaux ligneux sont représentés presque uniquement par les arbustes et arbrisseaux, disséminés dans le tapis graminéen continu. On parle alors de savane arbustive. Le volume est inférieur à 20m³ et la hauteur dominante inférieure à 7m.

2.1.1.4.2.3 La prairie :

Elle est importante sur le territoire du cercle avec 28,7 %. Elle regroupe des formations hygrophiles des plaines, dépression bordant les cours d'eau.

2.1.1.4.2.4 La steppe arbustive :

Elle est la 3^e unité en terme de superficie avec 17,8 %. C'est une formation herbeuse, à couvert très irrégulier, où les petits arbres, arbustes et arbrisseaux sont présents. Le volume moyen est inférieur à 10m³/ha et la hauteur dominante est inférieure ou égale à 7 m. A certains endroits, la formation dans laquelle les sous – arbrisseaux dominants de la strate ligneuse sont composés d'espèces à épines, on parlera d'épineuse.

2.1.1.4.2.5 Les sols nus :

Sur les parties sommitales des reliefs cuirassés, les savanes peuvent prendre l'aspect de larges plages de sols nus qui alternent avec des fourrés ligneux denses. On les appelle *bowé* (pluriel de bowal qui signifie une zone de sol nu en Peuhl). Ils occupent 5,4 % de la superficie du cercle.

2.1.1.4.2.6 Les zones de culture et jachères :

Il s'agit des champs cultivés ou l'ayant été et mis en jachère. Elles concernent 15,9 % de la superficie. On retrouve dans les jachères les mêmes espèces d'arbres que dans les champs (Karité, Néré). Mais la caractéristique principale des jachères est la prédominance des arbustes, notamment les espèces du genre Combretaceae, telles *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum nigricans*. On y trouve également en abondance *Acacia macrostycha* et *Entada africana* qui sont caractéristiques des jachères du bassin de Bamako (Nasi et Sabatier, 1998). Les jachères constituent des stocks importants de bois. Ils varient entre 7m³/ha pour les jeunes jachères de moins de 5 ans jusqu'à 12m³/ha pour les vieilles jachères de plus de 20 ans (Nouvellet et al. 2003). Toutefois, face aux besoins croissants en terre dus essentiellement à la croissance démographique et à la baisse des rendements agricoles, on assiste à une réduction des durées de jachère et un passage aux cultures permanentes (Samaké et al., 2007)

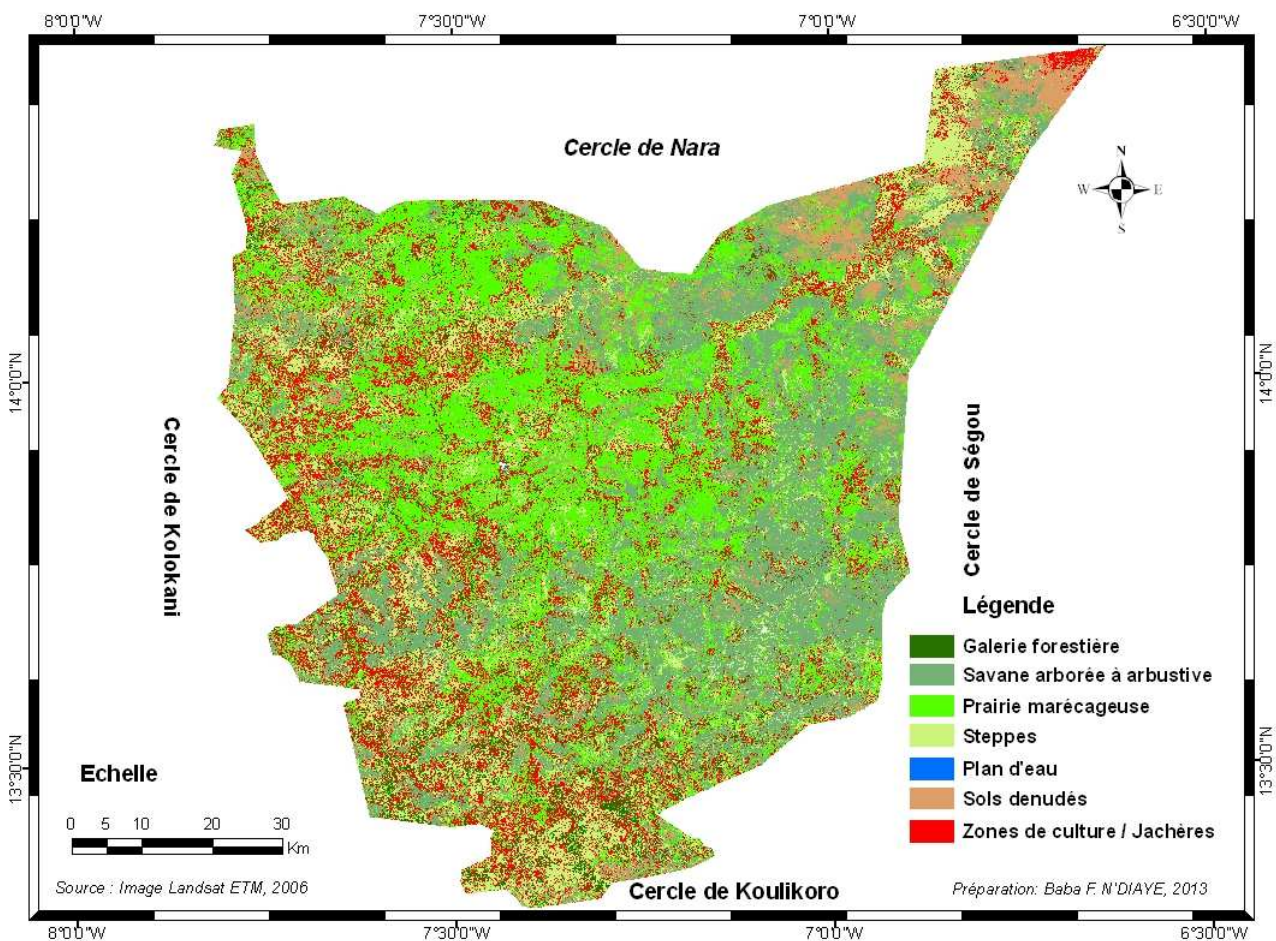


Figure 16: Carte d'occupation du sol dans le cercle de Banamba (2006)

2.1.1.5 Un réseau hydrographique intermittent et temporaire

Du point de vue hydrographique, le cercle est peu arrosé. Le réseau hydrographique est mal tracé, occasionnant souvent des pertes de débits dans les plaines d'inondation. Il est essentiellement constitué de marigots et de mares d'envergure variée. Notons la présence de la rivière temporaire, le Kouroussa qui un ancien affluent de la vallée du serpent mare. Il est un collecteur naturel des eaux du BéléDougou.

2.1.2 : Le cadre humain

2.1.2.1 Une population rurale, en forte évolution depuis 1976

La connaissance démographique sur le Mali est récente (KEÏTA S., KONATÉ F., 2003). L'enquête démographique de 1960-61 fut la première opération nationale à fournir des données statistiques sur la situation démographique du pays. Mais ce n'est que quinze ans plus tard, en 1976, que fut réalisé le premier recensement général de la population et de l'habitat, inaugurant la mise en place à périodicité régulière d'opérations censitaires. Depuis, trois autres recensements ont été réalisés en 1987, 1998 et 2009. Par ailleurs, à partir du milieu des années quatre-vingt, le Mali dispose en outre de plusieurs enquêtes démographiques nationales : l'enquête nationale de 1985 et les enquêtes démographiques et de santé (EDS) de 1987, 1995-96, 2001 et 2006. En marge de la démographie, il existe en outre différentes enquêtes nationales orientées sur les questions économiques telles que les enquêtes régulières sur l'emploi, les enquêtes sur la pauvreté de 1993 et de 2001.

Ainsi, grâce aux recensements, réalisés exhaustivement sur l'ensemble du pays, nous disposons de données satisfaisantes sur l'effectif, la structure et les caractéristiques socio-économiques de la population à l'échelle nationale, mais aussi régionale et locale. Dans son ensemble la population du cercle est rurale. La population globale du cercle s'élève à 190235 habitants en 2009. Les femmes (50,1 %) sont relativement un peu plus nombreuses que les hommes (49,9 %). Le tableau 9 donne la répartition de la population résidente par commune.

Tableau 9 : Répartition de la population résidente des communes par sexe et rapport de masculinité

Localités	Sexe		Total	Rapport de masculinité (%)
	Homme	Femme		
Cercle de Banamba	94909	95326	190235	99,6
Communes				
Banamba	15275	14905	30180	102,5
Benkady	4268	4144	8412	103,0
Boron	18474	18822	37296	98,2
Duguwolowila	21872	21417	43289	102,1
Kiban	6733	6673	13406	100,9
Madina Sacko	12951	13419	26370	96,5
Sebeté	2100	2150	4250	97,7
Toubacoro	7052	7187	14239	98,1
Toukoroba	6184	6609	12793	93,6

Source des données : INSTAT, 2009

Les données issues des quatre recensements que le pays a jusque là réalisés, permettent d'apprécier le rythme d'accroissement moyen de la population résidente du cercle (Figure 17).

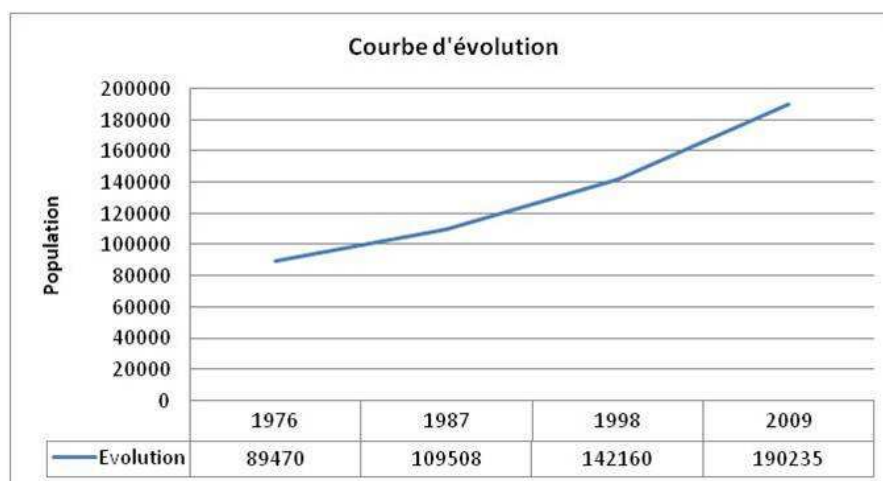


Figure 17: Évolution de la population du cercle de Banamba. Données censitaires (RGPH 1976, 1978, 1998, 2009)

N'DIAYE B. F., 2013

Cette augmentation de la population se ressent dans toutes les communes. La figure 18 présente la courbe d'évolution de la population résidente par commune.

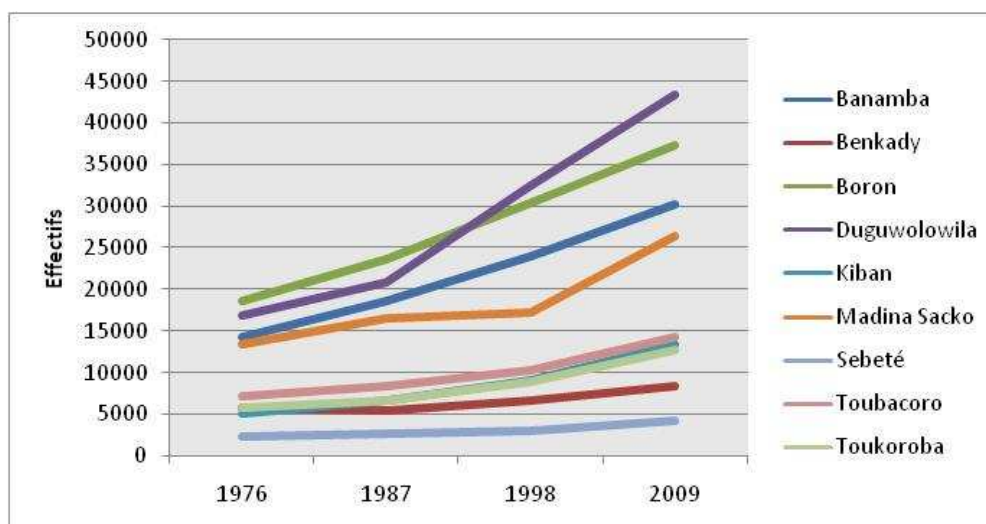


Figure 18: Évolution de la population résidente par commune. Données censitaires (RGPH 1976, 1978, 1998, 2009)

N'DIAYE B. F., 2013

Dans son ensemble, le cercle de Banamba a connu une augmentation rapide de sa population de 1976 à 2009. En effet, estimé à 2 % en moyenne entre 1976 et 1987, ce taux a atteint 3,1 % sur la période intercensitaire de 1998 à 2009, en passant par 2,7 % entre 1987 et 1998 (Figure 19).

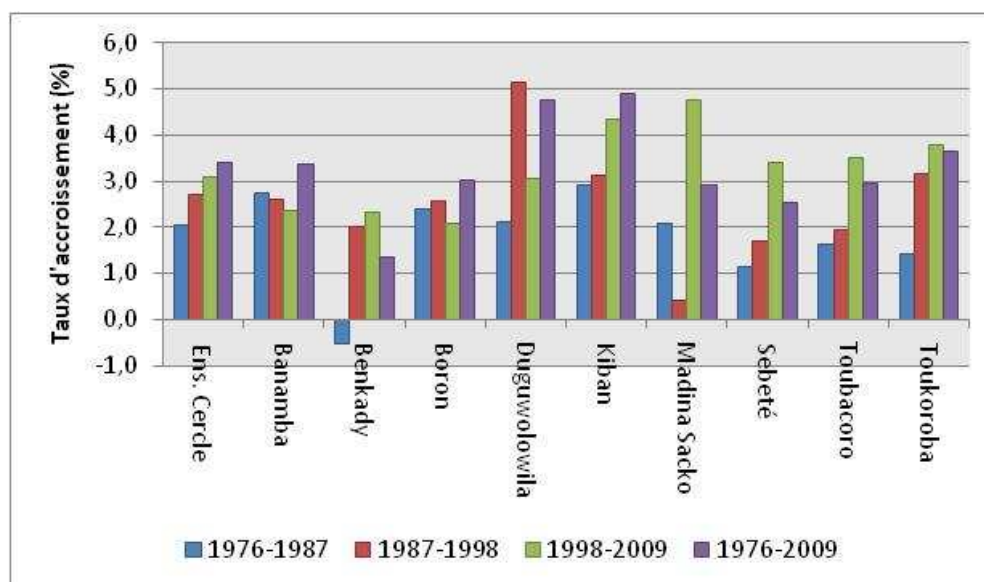


Figure 19: Évolution du taux moyen d'accroissement intercensitaire par commune. Données censitaires (RGPH 1976, 1978, 1998, 2009)

N'DIAYE B. F., 2013

Au rythme de croissance moyenne de 3,4 % l'an, l'effectif de la population du cercle doublera presque tous les 20 ans avec toutes les conséquences que cette évolution peut avoir sur les ressources naturelles, la satisfaction des besoins alimentaires, scolaires et de santé des membres des UPA.

2.1.2.2 Une population inégalement répartie

À l'échelle du cercle, la densité de population est passée de 10,8 habitants au km² en 1976 à 23 habitants au km² en 2009. Cette valeur relativement élevée (la moyenne nationale est de 11,6 habitants au km²) cache cependant des disparités principalement la répartition très inégale de la population sur le territoire du cercle (Figure 20). Les communes du Nord (Sébété, Toukoroba, Toubacoro, Boron et Madina Sacko) sont relativement peu peuplées ; excepté la commune de Madina Sacko où la densité est autour de la moyenne du cercle (24 hts /km²), elle est de 18 hts/km² à Boron, 11 à Toubacoro et Toukoroba et seulement de 5 à Sébété. En revanche les commune situées au Sud ont toutes des densités dépassant 30 hts / km². La commune de Duguwolo wula affiche une densité de 73 hts / km².

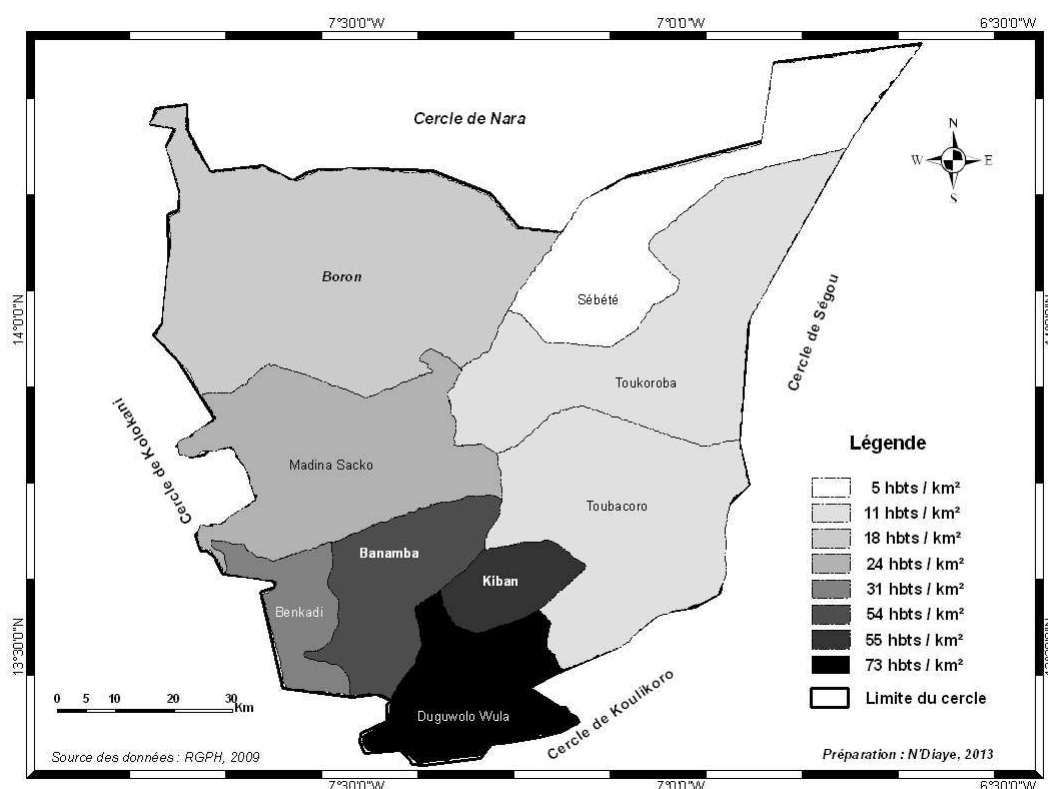


Figure 20: Carte des densités

N'DIAYE B.F., 2013

2.1.2.3 Une vie socioéconomique marquée par la diversité des activités

L'économie locale est largement dominée par les activités agropastorales dont vit l'ensemble de la population. Ces activités sont soutenues par des activités non agricoles comme le commerce, l'artisanat et la migration.

2.1.2.3.1 Les activités agropastorales

Le modèle dominant est l'association agriculture / élevage. Il a été favorisé par le recours à des outils attelés et l'utilisation de bœufs pour la traction animale. Chaque UPA dispose de son bétail. L'agriculture, qui relève largement d'un mode de production domestique, est principalement orientée vers les cultures céréalières (mil, sorgho, maïs, niébé, fonio et riz). On note l'abandon total de la culture du coton.

Le cercle de Banamba appartient aux régions où les rendements moyens sont estimés à 600 kg / ha (Études techniques de l'opération Haute – vallée en 1981). C'est à partir de 1973 que le secteur de l'agriculture connaît ses premières grandes orientations. Les responsables techniques ont opté pour la culture attelée. Ce qui entraîne une augmentation des superficies sans pour autant améliorer les rendements. A partir de 1980, une nouvelle orientation menée par l'Opération Haute-Vallée a été donnée à l'agriculture. Il s'agissait de promouvoir la culture intensive à partir de la culture du maïs.

L'agriculture de rente est dominée d'une part par l'arachide, le sésame et le henné et, d'autre part par la production maraîchère. Les principales spéculations maraîchères traditionnelles rencontrées sont l'échalote, la tomate, la laitue, l'aubergine, le piment et d'autres produits exotiques comme la pomme de terre, le concombre, le melon, la carotte, la pastèque. Les cultures maraîchères représentent une opportunité de diversification de la production agricole et constituent une activité rémunératrice aux couches les plus défavorisées de la population (femmes, jeunes). C'est notamment le cas pour les femmes dont les productions sont destinées à leurs foyers, et les revenus complémentaires sont utilisés en général pour l'éducation des enfants et la santé de la famille.

L'élevage est du type élevage de concession. Le dressage et l'emploi régulier des bœufs de trait font que ces derniers ne soient plus contraints à la transhumance et sont donc maintenus,

dans la plupart des cas, en stabulation à proximité ou même à l'intérieur des exploitations, y compris en saison sèche.

L'association de l'élevage à l'agriculture répond chez l'agriculteur traditionnel à des objectifs prioritaires. D'abord l'élevage valorise les espaces incultes, les ressources résiduelles du terroir (résiduelles dans le temps : terroir cultivé en saison sèche ou végétation naturelle en saison des pluies, résiduelles dans l'espace : terres non cultivables éloignées) et la main-d'œuvre inemployée en saison sèche. La production animale permet aussi d'augmenter la production agricole, par la culture attelée qui augmente les capacités d'emblavement et la fumure animale qui accroît les rendements. Mais, le passage à l'agropastoralisme, que ce soit chez les agriculteurs ou les éleveurs, a d'abord comme objectif de pallier le déficit en revenus provoqué par la baisse de rendement (des cultures ou de l'élevage). L'accroissement des contraintes agro-écologiques est à l'origine de cette mutation. L'association agriculture/élevage en plus de mettre à la disposition des UPA les bœufs de labour, permet la production d'un véritable fumier. Par contre, chaque UPA doit nécessairement constituer des réserves fourragères et mieux valoriser les résidus de culture pour les nourrir pendant cette période. La quasi-totalité des chaumes est ainsi ramassée, laissant à nu les terres de culture à la merci de l'érosion éolienne et hydrique.

L'élevage "villageois" qui se développe est alors de proximité, à la fois fournisseur d'énergie, complément alimentaire et source de revenus. De récentes observations montrent que, comme pour la plupart des autres systèmes de production, l'on s'oriente vers une individualisation des pratiques, plus efficace pour une réelle valorisation de la fumure animale. Après, peut-être, une première phase avec un élevage à fonctions multiples mené en extensif, l'élevage devient de plus en plus dépendant des activités agricoles. L'effectif du cheptel par exploitation est limité et s'adapte à des potentialités fourragères naturelles souvent faibles. Des formes intermédiaires peuvent se stabiliser, associant un troupeau mené en extensif, tant que des espaces libres existent. Mais lorsque les parcours se réduisent, l'alimentation du bétail devient très tributaire des résidus agricoles (son, fanes, pailles, mais aussi adventices, foin des jachères) et des sous-produits agro-industriels. Agriculture et élevage s'associent. L'on assiste ainsi à un début d'intensification de la production agricole. Cette association agriculture-élevage de proximité nécessite le plus souvent, pour l'instant, un contexte économique et agro-écologique où une agriculture productive est présente (culture de rente essentiellement).

Celle-ci permet, en effet, les investissements nécessaires (animaux de trait, charrues, sous-produits agro-industriels, etc.). Elle devrait, dans une perspective de développement durable, s'étendre à des systèmes à agriculture vivrière, avec des conditions de financement différentes pour l'investissement des exploitations.

En plus des ruminants, la volaille traditionnelle occupe une place importante dans les activités et le patrimoine des paysans. L'aviculture est essentielle dans les stratégies de lutte contre la pauvreté en milieu rural. Elle est présente dans quasiment toutes les UPA. Les statistiques nationales sur les espèces aviaires exploitées en aviculture familiale ne donnent pas d'informations satisfaisantes sur la répartition entre espèces (DNPIA, 2012). On peut cependant considérer à partir de la littérature, que près de 80% des volailles sont composées de poulets et environ 18% de pintades (SANGARE M., 2005). Le reste (2%) est constitué de canards, de dindons et de pigeons; ces derniers étant élevés essentiellement par les enfants. Les effectifs varient de quelques têtes à quelques dizaines de têtes. Même si l'élevage mixte de plusieurs espèces est une pratique courante, l'élevage de la poule est le plus répandu. En fonction des niveaux d'amélioration on distingue deux sous-types d'aviculture villageoise (FAO 2013) :

- L'aviculture familiale extensive qui est pratiquée sans aucune forme d'amélioration. Ce type d'aviculture connaît des pertes très élevées (50% et plus) dues aux maladies et aux prédateurs ;
- L'aviculture villageoise améliorée qui, à la différence de l'aviculture familiale extensive, se caractérise par son caractère économique plus affirmé sous-tendu par l'introduction d'un certain nombre d'améliorations.

2.1.2.3.2 Les activités non agricoles

Les activités non agricoles exercées en tant que travail indépendant concernent toutes les activités de commerce, d'artisanat et de services pratiquées par les membres de l'exploitation de manière régulière ou irrégulière dans le village ou hors du village mais en dehors d'une migration saisonnière.

Les activités de commerce sont très diverses : petit commerce de détail sur un étal dans le village (condiments, cigarettes, beignets, condiments, etc.), commerçant avec une boutique en dur, vente d'essence et de pétrole, commerce de produits agricoles et forestiers (céréales, bétail, arachide, œufs, volaille, bois et charbon de bois, etc.), commerce de produits manufacturés dans le village et sur les marchés hebdomadaires, etc.

La même diversité prévaut pour les activités de services qui regroupent ici toutes les activités artisanales (maçon, forgeron, mécanicien, boulanger, boucher, menuisier, tailleur, etc.) et les activités de services divers (sage femme ou matrone, marabout, médecin traditionnel, griot, maître d'école coranique, tresseuse, etc.). Les clients sont souvent les gens du village, mais certaines personnes sont réputées et travaillent aussi à l'extérieur du village ou reçoivent des clients en provenance d'autres villages.

2.2 Les principales caractéristiques des unités de production agricole du cercle de Banamba

Plusieurs chercheurs s'accordent pour dire que lorsqu'il s'agit d'analyser le fonctionnement des unités de production, quatre thèmes sont intéressants à aborder (Mémento de l'Agronome, 2002). Tout d'abord, il est utile d'étudier les structures internes des unités de production. En second lieu, on peut s'interroger sur la détention du pouvoir de décision et les modalités de son exercice. En troisième lieu, on peut étudier les modes de disposition des ressources productives mises en œuvre au sein des exploitations. Et enfin, en quatrième lieu, on peut examiner si les unités de production entretiennent des liaisons avec d'autres activités productives, relations qui affectent leur fonctionnement.

Au Mali, les unités de production agricoles sont très majoritairement familiales, c'est à dire caractérisées par la mobilisation du travail familial et par des liens organiques entre la famille et l'unité de production (entre production, consommation et accumulation). Ces liens organiques se matérialisent par l'inclusion du capital d'exploitation dans le patrimoine familial et par la combinaison de logiques domestiques et d'exploitation, marchandes et non marchandes : (i) pour l'allocation du travail familial et sa rémunération ; (ii) dans les choix d'allocation des produits entre consommation finale, consommations intermédiaires, investissement et épargne (Bélières et al, 2013).

Ces exploitations peuvent être caractérisées par leur démographie, les facteurs de production dont elles disposent et par le système d'activités, mis en œuvre par les membres de la famille, qui combine, en général, activités agricoles et non agricoles et autres sources de revenus (SAMAKE A. et al, 2013).

2.2.1 : Une population organisée au sein d'unités d'exploitation agricole

L'exploitation agricole familiale reste encore le modèle dominant de la population étudiée. Toutefois, elle diffère de sa forme initiale qui a pris corps et s'est consolidée dans le discours théorique des agronomes et des économistes agricoles à partir du début du XX^{ème} siècle. Celle-ci reposait sur la dominance d'un modèle d'agriculture basé sur la famille monogame nucléaire et les moyens qu'elle met en œuvre aux fins de produire des denrées agricoles. Dans les pays occidentaux, où la productivité de l'agriculture s'est très rapidement accrue, depuis la fin de la seconde guerre mondiale, l'exploitation agricole familiale est souvent considérée comme une entreprise, gérée selon les critères de toute firme capitaliste. Ainsi, pour de nombreux économistes occidentaux, l'entreprise agricole, obéissant aux lois du marché et cherchant à maximiser le profit se distingue du foyer familial qui relève de la sphère sociale. Elle doit ainsi être étudiée à part. Cette approche demande de séparer les activités agricoles des autres activités productives de certains membres du foyer, afin de bien individualiser le fonctionnement et les performances de l'entreprise agricole. Mais cette distinction, en plus d'être artificielle, peut nuire à la bonne compréhension du fonctionnement des exploitations familiales (Mémento de l'Agronome 2002). Au Mali et plus encore dans la zone d'étude (le cercle de Banamba), le comportement des familles paysannes, leurs objectifs et leurs contraintes prennent en compte l'ensemble des activités de la famille et relèvent tout autant des sphères techniques qu'économiques et sociales. Vouloir séparer une entité « entreprise agricole » et une entité « famille » peut conduire à des analyses tronquées.

En ce qui concerne cette étude, les unités économiques, sociales et agricoles ne font qu'une seule unité que l'on désignera tout le long de ce travail sous la dénomination unité de production agricole (UPA) ou exploitation agricole (EA).

Le deuxième aspect à prendre en compte, dans l'analyse des unités d'exploitation agricoles, c'est leur caractère dynamique. L'UPA est assimilée à un système de production dont les combinaisons de facteurs ou de spéculations ne résultent pas d'une simple juxtaposition, mais des effets synergiques sélectionnant, en fonction du contexte, certaines combinaisons et pas d'autres. Il signifie surtout qu'il existe un fonctionnement interne mettant en relation les éléments composant le système et déterminant notamment ses réactions vis-à-vis soit de modifications de ces éléments soit de stimuli extérieurs, ou encore déterminant ses propres

transformations structurelles sous l'effet de divers facteurs ou événements (BROSSIER J., 1987)

2.2.1.1 Le sexe, l'âge de la population résidente et la taille des unités de production agricole

L'étude s'est focalisée sur deux des variables les plus importantes en démographie : l'âge et le sexe. Ces deux variables influencent tous les aspects de l'état et de la dynamique d'une population. L'analyse de la structure de la population par sexe et par âge permet de dégager le poids respectif de chaque sexe et de chaque âge ou groupe d'âges par rapport à la population totale. La structure par sexe et par âge tire son importance du fait qu'elle renseigne indirectement sur les besoins et les problèmes potentiels associés aux différentes catégories de populations définies en fonction de l'âge et du sexe. Les indicateurs d'appréciation des déséquilibres seront principalement les proportions et les rapports de masculinité. Le rapport de masculinité rend compte de l'importance relative de l'effectif de chaque sexe par rapport à l'autre dans une population. La figure 21 donne les effectifs de la population résidente par sexe et par âge.

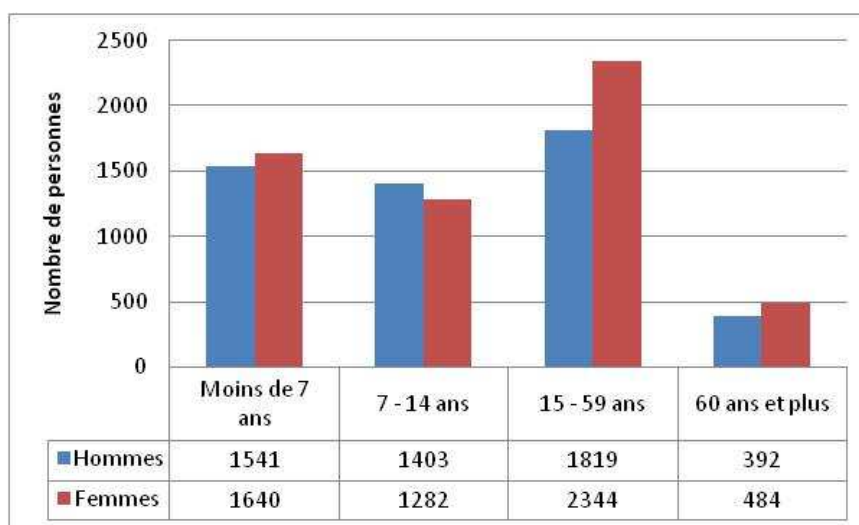


Figure 21: Répartition de la population résidente des UPA enquêtées par sexe et par âge

N'DIAYE B. F., 2011

Globalement, on observe un surnombre relatif des femmes, soit 5750 femmes contre 5155 hommes. Ce qui correspond à 52,7 % de femmes pour 47,3 % d'hommes. Mise à part la tranche d'âge 7-14 ans, cette tendance est observée pour toutes les autres tranches. Cette situation s'explique par une migration féminine importante dans ce groupe d'âges en direction

des grandes villes comme Bamako, Koulikoro où elles sont employées en qualité d'aide ménagère dans l'objectif de pouvoir constituer leur trousseau de mariage.

Au niveau de la tranche d'âge 15-59 ans, la grande disparité observée (le rapport de masculinité y est de 78 hommes pour 100 femmes) s'explique aussi par la migration masculine (Tableau 10). Le cercle de Banamba est connu pour être une région à fort courant migratoire aussi bien vers d'autres régions du Mali que vers l'extérieur.

Tableau 10 : Rapport de masculinité de la population résidente des UPA enquêtées

Tranche d'âge	Hommes	Femmes	Total	R.M	T.M
Moins de 7 ans	1541	1640	3181	94	48,4
7 - 14 ans	1403	1282	2685	109	52,3
15 - 59 ans	1819	2344	4163	78	43,7
60 ans et plus	392	484	876	81	44,7
Total	5155	5750	10905	90	47,3

N'DIAYE B. F., 2011

Une deuxième caractéristique de cette population est sa jeunesse. Les moins de 15 ans représentent plus de la moitié de la population (53 %) ; selon le RGPH 2009 la proportion de cette tranche d'âge dans la population totale de la région du Koulikoro est de 59,7 %, contre 46,6 % pour le pays.

Les autres caractéristiques et non des moindres de la population vivant au sein des UPA sont sa taille et le ratio de dépendance. Les moyennes du nombre de personnes présentes par exploitation sont très proches entre les quatre communes (entre 21 et 24 personnes voir Tableau 11).

Cependant, il existe une forte variabilité au sein même des exploitations. Les écarts types sont importants, légèrement inférieurs à la moyenne. On note dans toutes les communes enquêtées une forte variabilité liée à l'existence d'exploitations avec de très grandes familles : le maximum oscille entre 104 à Toubacoro et 111 Duguwolowila. Ce maximum est très éloigné des valeurs moyennes ou médianes (voir Figure 22).

Tableau 11 : Statistiques relatives à la taille des unités de production agricole

Communes	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Somme	Minimum	Maximum
Benkadi	101	21,07	16,00	18,938	2128	3	108
Duguwolowila	154	24,50	19,00	18,414	3773	2	111
Madina Sacko	82	24,23	19,50	17,896	1987	4	107
Toubacoro	123	24,53	21,00	16,430	3017	3	104
Total	460	23,71	19,00	17,928	10905	2	111

N'DIAYE B. F., 2011

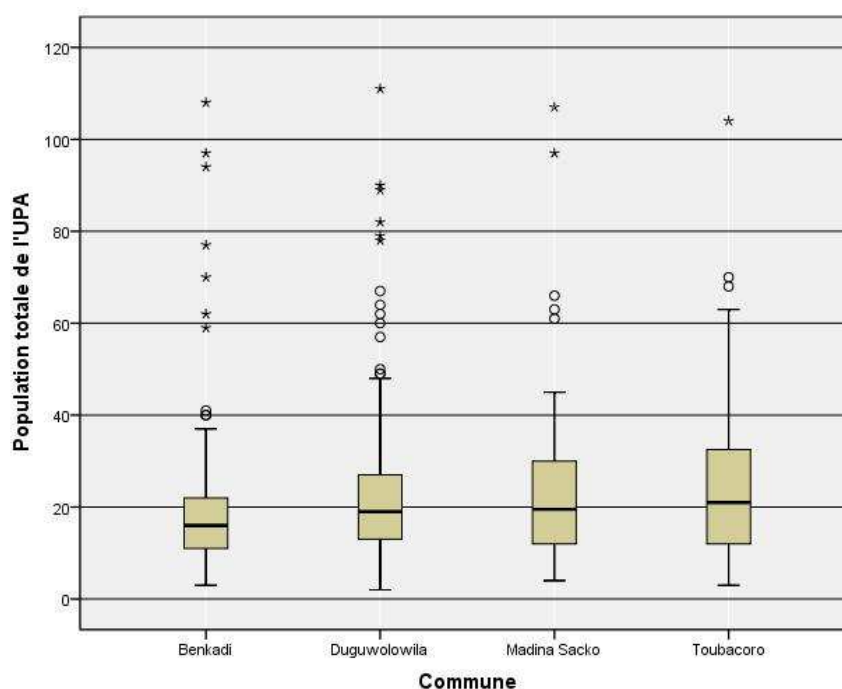


Figure 22 : Taille démographique des unités d'exploitation agricole

N'DIAYE B. F., 2011

Pour l'ensemble des communes, la médiane, représentée par la ligne du milieu à l'intérieur du rectangle (figure 22), est dans le bas de la boîte, ce qui suppose une distribution asymétrique vers les valeurs basses de la taille des UPA. Par ailleurs, ce graphique fait clairement apparaître l'importance des cas extrêmes dans l'échantillon avec quelques exploitations qui ont une taille atypique.

Théoriquement, le ratio de dépendance se mesure par le rapport entre la population d'âge inactif et la population des personnes d'âge actif de la population considérée. Il s'exprime en

pourcentage et sert à apprécier le poids de la dépendance de la population inactive par rapport à la population active. Mais la grande difficulté se situe dans la détermination des limites d'âge entre population active et population inactive. Le RGPH de 2009 définit la population active, sans préciser de limites d'âge, comme étant le nombre total de personnes qui sont employées, ainsi que les travailleurs qui sont à la recherche active d'un emploi mais qui n'en n'ont pas pour le moment (INSTAT, 2009).

Par contre la définition fournie par le RGPH de 2009 offre plus d'ouverture dans la mesure où il donne la priorité à la situation d'activité sur la situation d'inactivité. Ainsi, une ménagère qui travaille sur l'exploitation de son mari ou tient un petit commerce si petit soit-il est considérée comme active occupée et non comme ménagère ; un élève qui, après les heures de cours, aide son père ou son oncle dans l'atelier de celui-ci est occupé ; un retraité qui profite de ses vieux jours pour tenir un commerce est un actif occupé ; les agriculteurs, éleveurs, pêcheurs qui produisent pour leur subsistance, sans commercialiser la moindre part de leur production, sont tout de même considérés comme appartenant à la population active. Sous cet angle, on est tenté de dire, qu'en milieu rural, il n'existe pas ou presque pas de personnes inactives puisque même les enfants sont très tôt (entre 7 – 9 ans) associés aux travaux champêtres, au pâturage des animaux, à la cueillette et au ramassage de bois. En plus, personnes employées sous entend une rémunération alors que le travail de la plupart des bras valides dans les champs entre dans le cadre des activités familiales et n'est donc pas rémunéré. De ce fait, l'appréciation de ce ratio, en milieu rural, doit être considérée avec beaucoup de précaution du fait de la difficulté à déterminer la population active.

2.2.1.2 Une organisation sociale de l'unité de production agricole à base patriarcale, centrée autour de son chef

En plus de la diversité d'appartenance ethnique et aux aires culturelles, trois autres données semblent déterminer la famille malienne dans ses représentations, sa structure et son fonctionnement. Il s'agit du genre de vie, de l'impact des religions étrangères (Islam et christianisme) et de l'urbanisation. Dans son étude sur la famille au Mali, BERIDOGO B. (1999) distingue quatre types principaux de familles au Mali :

- le type de famille des agriculteurs sédentaires adeptes des religions du terroir ou dont les cultures ont conservé une spécificité relative malgré les conversions aux religions étrangères. Il se retrouve chez les Bambara, Malinké, Sénoufo, Mynianka, Dogon et Bwa ;

- le type de famille des agriculteurs et éleveurs sédentaires convertis de longue date à l'islam se retrouve chez les Soninké et les Songhay ;
- le type de famille des éleveurs nomades et semi-nomades qu'on retrouve chez les peuhls, Touareg et les maures ;
- et le type de famille des grands centres urbains.

Excepté le quatrième type de famille, les trois autres coexistent et même s'entremêlent dans l'ensemble des villages du cercle. Les différences fondamentales s'estompent. Et de plus en plus, à la faveur des mariages interethniques et de l'impact de l'islam, on observe une certaine homogénéisation des cultures. Toutefois, arrêtons-nous chez les Soninké communément appelés *Marka*, les Bambara et les peuhls, les trois communautés ethniques les plus représentées dans le cercle.

En milieu soninké traditionnel, l'organisation familiale est strictement bien respectée par tous les membres de la communauté. Cette organisation familiale, après celle du *Diamane* (pays ou empire) et du *Deebé* (village), joue un rôle capital dans l'équilibre de la communauté soninké. Le système de parenté est centré sur le Kâ, l'unité familiale où l'individu trouve à satisfaire ses besoins matériels et l'essentiel de ses besoins sociaux (POLLET E., WINTER G., 1971). Le village lui-même, l'unité politique, n'est en définitive à ces égards qu'un ensemble inorganisé du Kâ. C'est dire combien, en milieu soninké, le Kâ joue un rôle non négligeable dans le système organisationnel du village. L'un, il est vrai, ne peut exister sans l'autre. Le village trouve son existence et son équilibre dans le bon fonctionnement des Kâ (pluriel de Kâ).

Le terme Kâ, en effet, pourrait avoir plusieurs acceptions. Il a un sens territorial et désigne alors l'unité d'habitation d'un groupe familial, et il a différentes significations au point social. L'étude du cas territorial peut se faire de l'extérieur puisqu'il est par « définition » l'implantation matérielle des familles. Il désigne à la fois la concession (surface habitée et délimitée par une clôture) et l'ensemble des membres qui la composent. Dans la composition du Kâ, l'unité familiale est principalement fondée sur deux principes : la descendance patrilinéaire et le mariage.

La famille chez les Soninkés est le noyau autour duquel la société et ses membres trouvent leur équilibre. Elle est en quelque sorte le lieu où l'individu vient au monde, trouve un premier accueil, s'éduque, grandit et meurt. Dans cette organisation de la famille soninké, le Kagumé (chef de famille) exerce presque seul toutes les fonctions de l'autorité. Selon

POLLET E. et WINTER G. (1971 op cit) l'organisation familiale soninké est régie par le principe patrilinéaire. La constitution de la famille est de fait étroitement liée à la descendance, par les hommes, d'un ancêtre commun donné. Dans la plupart des cas, on parle de « couche commune » ou de « la lignée ». La vie familiale des Soninkés s'organise à la fois au sein du *Kâ* (maison, demeure, concession) et d'un système de parenté qui constitue en quelque sorte le ciment maintenant la cohésion sociale, voire familiale, entre les membres d'une même famille.

Dans les villages bamanan, l'UPA est du type étendue, caractérisé par la polygynie. Les hommes mariés forment des pôles autour desquels gravitent une ou plusieurs épouses. Chaque femme mariée et ses enfants non mariés constituent un ménage²⁰ ou *gwada* (Les *gwada* correspondent étymologiquement aux foyers, aux différents lieux de cuisson des aliments) au sein de l'UPA. L'UPA ou *du* est placée sous la direction d'un aîné appelé *dutigi*. Le *dutigi* est en principe l'homme le plus âgé de la descendance masculine. Il a le statut d'aîné et les autres, ceux de cadets ou de dépendants. Représentant des ancêtres parmi les vivants, il sert, par conséquent, de trait d'union, d'intermédiaire entre les deux communautés. Assurant aussi le rôle de prêtre et de sacrificateur, il fait des offrandes aux différentes divinités êtres invisibles, ancêtres, espaces sacrés du terroir, divinités matérialisées sous forme de lieux de culte et d'autels.

La production se fait sous sa direction et il est le gardien et le responsable des biens collectifs (instruments de travail, vivres, bétail, numéraire, etc.). Comme le souligne BERIDOGO B. (1999), le chef d'UPA est à la lisière du monde des divinités. De par ses rapports avec les ancêtres, c'est un être sacré. Il ne peut être destitué tant qu'il conserve ses facultés mentales. Le chef n'est donc pas seulement un aîné au sens biologique et social du terme, mais sa personne est d'une essence supérieure à celle des cadets. C'est pourquoi dans certains milieux bambaras, il est appelé *fa* (littéralement père) par ses cadets, quel que soit le lien parental. Cette supériorité conférée par les ancêtres et le statut se trouve renforcée par les connaissances magico-religieuses, dont une partie provient de l'héritage des ancêtres et une autre de l'expérience de l'âge. Il s'en suit qu'il n'est pas seulement un intermédiaire neutre

²⁰ Nous entendons par ce terme, un individu ou un groupe d'individus apparentés ou non vivant à l'intérieur d'une concession sous l'autorité d'une personne appelée chef de ménage. Le ménage est constitué du chef de ménage, son ou ses épouses et leurs propres enfants non mariés, avec éventuellement d'autres personnes avec ou sans lien de parenté (RGPH, 2009).

mais surtout un protecteur, un intercesseur. Ainsi, pour le bien-être et la prospérité des cadets, il intercède auprès des divinités et principalement des ancêtres. En cas de fautes commises par un de ses cadets à l'extérieur, c'est lui qui répond devant l'autorité concernée (autre chef d'UPA, chef de village et son conseil, etc.). Un cas des plus extrêmes est celui de ce chef d'UPA et chef de village qui, au début des années 1960, a répondu, devant l'autorité judiciaire, à la place de son neveu et qui s'est fait condamner à perpétuité pour homicide volontaire (BERIDOGO B., op cit). C'est aussi aux chefs d'UPA que l'administration d'Etat s'adresse pour le paiement des diverses taxes. C'est là aussi que la dimension de symbole identitaire du carnet de famille prend tout son sens pour ses membres.

Enfin, c'est à l'échelle de l'UPA que s'organisent, traditionnellement, les alliances matrimoniales. Elle est une unité exogame et le chef d'UPA est l'interlocuteur obligé pour la gestion des procédures matrimoniales impliquant la recherche d'une épouse ou l'attribution d'une fille à une autre UPA. C'est ce que Meillassoux exprimait d'une certaine façon : *« l'autorité de l'ainé repose moins sur la gestion matérielle que sur les fonctions matrimoniales et sur ses capacités à traiter avec les groupes extérieurs et homogènes »* (MEILLASSOUX C., 1992)

Dans les communautés peuhles, généralement les sédentaires ont des UPA composées polygynes tandis que les semi-nomades sont monogames de fait. Il n'existe pas d'entité économique collective, chaque membre de l'UPA ayant ses animaux. Mis ensemble dans le parc, ces animaux constituent le troupeau de l'UPA. Mais le chef d'UPA, le *jom gaalé*, ne peut en disposer comme il l'entend. Ce parc et la corde à laquelle sont attachés les veaux sont des symboles identitaires. Les sécheresses des années 1970 et 1980 ont renforcé la sédentarisation et nombre de communautés peuhles ont de plus en plus tendance à devenir beaucoup plus agriculteurs qu'éleveurs. Dans ce cas la participation à l'exploitation du champ familial symbolise aussi l'appartenance à l'UPA.

Au regard de ce qui précède, plusieurs notions communes aux trois groupes apparaissent : la notion de ménage, de chef de ménage et celle de symbole identitaire. Le *ka*, le *du* et le *gaalé* ont tous un sens territorial et désignent l'unité d'habitation d'un groupe familial, la concession qui est une surface habitée et délimitée ou non par une clôture. Ils constituent la famille, le lieu essentiel de la structuration. L'organisation familiale s'appuie sur une unité

sociopolitique, le patrilignage, et une unité économique, le groupe domestique que nous dénommons unité de production agricole ou unité de production tout court. D'une moyenne de 23 personnes par UPA, ce nombre varie considérablement d'une UPA à une autre allant de quelques personnes à plus de 100. Aujourd'hui, les grandes unités économiques (entre 40 et 100 personnes et même plus) disparaissent progressivement et carrément disparu dans certains villages. Le fil qui relie ce tissu familial est le chef d'UPA. L'UPA est sous la responsabilité de son doyen, l'aîné des hommes appartenant à la génération la plus ancienne. En effet, comme le fait remarquer LESCLINGAND M. (2004), les relations d'autorité qui prévalent au sein du groupe domestique, sont établies en fonction d'un triple critère de sexe, d'âge et de génération. Les figures ci-dessous présentent quelques caractéristiques sociodémographiques des chefs d'UPA enquêtés (figures 23 à 25)

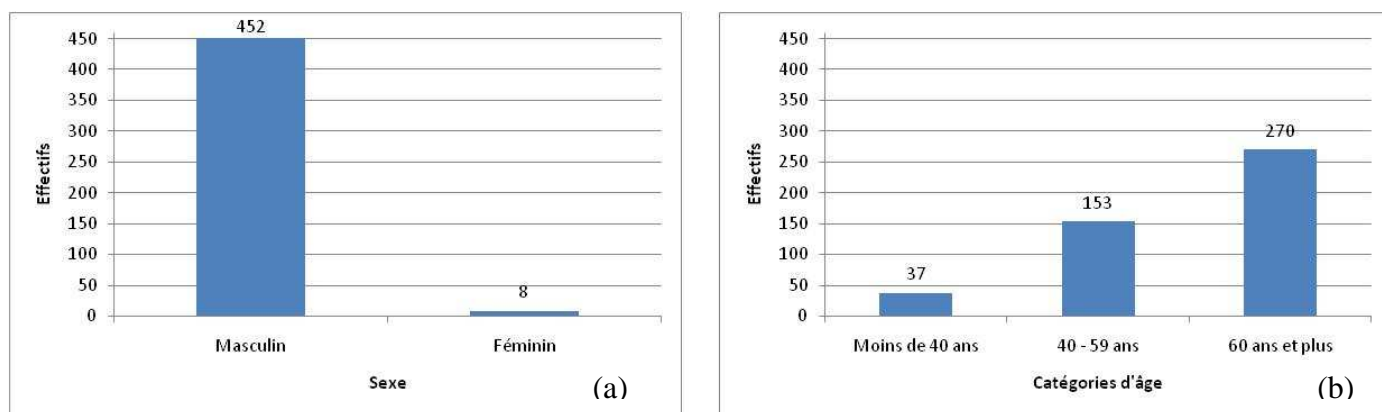


Figure 23: Répartition des chefs d'UPA selon le sexe et selon l'âge

N'DIAYE B. N., 2011

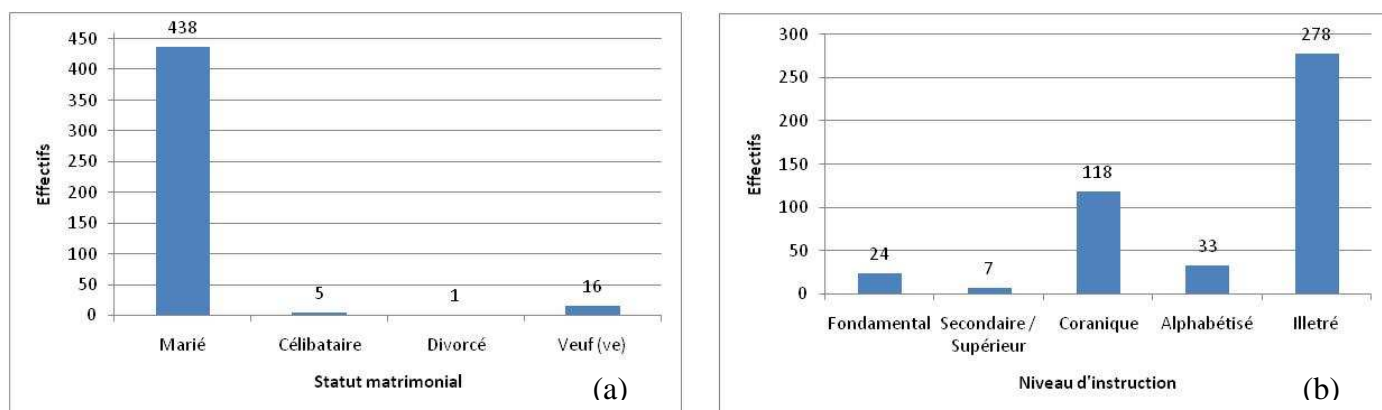


Figure 24: Répartition des chefs d'UPA selon le statut matrimonial et selon le niveau d'instruction

N'DIAYE B. F., 2011

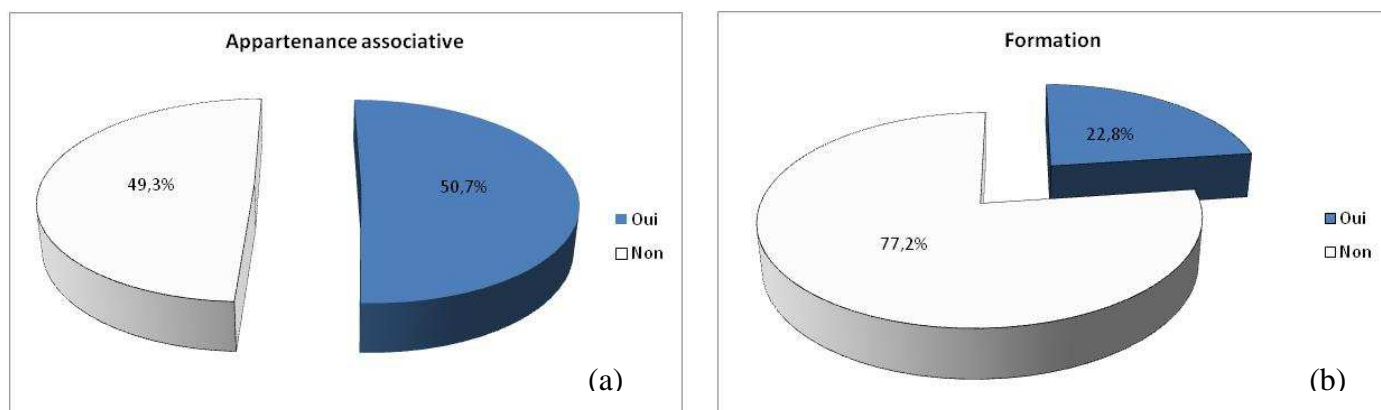


Figure 25 : Répartition des chefs d'UPA selon l'appartenance associative et selon qu'ils aient reçu ou non une formation

N'DIAYE B. F., 2011

La place de chef d'UPA est exclusivement réservée aux hommes aînés et mariés. 452 des 460, soit 98 % des UPA enquêtées, sont dirigées par des hommes (figure 22a). Toutefois, compte tenu de certaines situations que l'on peut qualifier d'extrêmes, la femme peut être amenée à jouer le rôle de chef d'UPA. C'est le cas de ces huit femmes (figure 22a), qui ayant perdu leur mari, n'arrivent plus à se remarier. Ces femmes chefs d'UPA sont socialement discriminées. Au sein de toutes les communautés villageoises, les femmes ne participent à aucune instance décisionnelle puisque toutes les prérogatives politiques, sociales et religieuses sont aux mains des chefs masculins. Même si, de plus en plus, elles participent à certaines réunions villageoises, ce qui atteste une certaine évolution, les femmes chefs d'UPA ne sont toujours pas appelées aux réunions concernant l'impôt. A l'issue de la réunion des hommes, un émissaire les tient au courant des décisions arrêtées. Pour être mieux représentées aux réunions décisionnelles, certaines veuves délèguent leurs prérogatives de chef à leur fils aîné qu'il soit marié ou pas. C'est ainsi que l'on peut rencontrer dans certains villages des chefs d'UPA de moins de 40 ans (figure 22b) et de surcroît célibataire (figure 23a). Cette situation qui est exceptionnelle, il est important de le noter, ne dure jamais en ce qui concerne le statut matrimonial. Ces données rejoignent les résultats du RGA de 2004 avec pour la région de Koulikoro un taux de 2 % des chefs d'exploitation qui sont des femmes. Selon la même étude, les célibataires, chefs d'UPA, représentent 3,2 % de l'ensemble des UPA.

Les chefs d'exploitation sont âgés de 61 ans en moyenne. Seulement 37 des 460 chefs d'UPA enquêtés, soit 8 % ont moins de 40 ans alors que 58 % ont 60 ans ou plus (figure 22b). Pour

cet aspect aussi l'organisation sociale traditionnelle explique la part importante des exploitations gérées par des personnes âgées. Le chef d'exploitation garde longtemps, souvent jusqu'au bout, la chefferie de son exploitation agricole. Ainsi, plus de 58 % de notre échantillon sont des témoins oculaires des changements intervenus dans leur climat et leur environnement.

Sur le plan scolaire, les chefs d'exploitations qui ne peuvent ni lire, ni écrire représentent 60 % (278 sur 460 chefs d'UPA). De même, l'alphabétisation a peu concerné les chefs d'exploitation dans le cercle. Seulement 33 chefs d'exploitation se disent alphabétisés. Par contre l'alphabétisation en arabe est dominante avec 118 des 460 chefs d'exploitation, soit un chef sur quatre (figure 23b).

Dans tous les cas, le chef d'UPA est à la fois le représentant du groupe, le garant de son unité et de sa reproduction. Il symbolise l'unicité de la décision. La prise de décision au sein de l'UPA se situe à trois niveaux (BADOUIN R., 1987). Le pouvoir de décision, au niveau de l'exploitation, intéresse tout d'abord le système de culture. Il s'agit de définir un programme de production qui pourra, au cours des campagnes successives, subir un certain nombre de modifications. En second lieu, ce pouvoir de décision concerne les systèmes de production, c'est à-dire les ressources qu'il convient d'utiliser pour aboutir au résultat recherché. En troisième lieu, le pouvoir de décision porte sur l'affectation du revenu d'exploitation. Une partie de ce revenu sera consacrée à la consommation des membres de la famille de l'exploitant. Une autre pourra être investie dans l'exploitation en vue d'en agrandir la taille ou d'en parfaire l'équipement. Le pouvoir de décision est interne à l'unité de production. Il appartient au chef d'exploitation. Mais le chef de famille ne concentre pas entre ses mains tous les pouvoirs. Face à chaque problème d'une certaine importance, il convoque une réunion de famille. Des pouvoirs sont, par ailleurs, délégués à certains cadets en fonction de leur statut.

Plusieurs données peuvent paraître comme des symboles identitaires d'une famille. Il s'agit du patronyme et des interdits. Mais ceux-ci demeurent surtout des attributs lignagers et même claniques, s'étendant au-delà de la famille, du lignage, du village et même de l'ethnie. Ils ne permettent pas de distinguer une famille d'une autre et ne ressentent aucune répercussion en cas de segmentation de la famille (BERIDOGO B., 1998). Les symboles matériels identitaires

de toute famille, ceux qui sont les signes, les preuves même d'appartenance à une UPA sont le champ collectif, le vestibule et le carnet de famille. Le travail sur le champ familial exprime la reconnaissance de l'autorité du chef et symbolise la conjugaison des efforts pour l'obtention des moyens de subsistance. L'ensemble des membres de l'UPA réalisent la mise en culture des champs collectifs, qui fournit, pour l'essentiel, les moyens de subsistance du groupe. Les récoltes issues du travail communautaire sont stockées dans des greniers collectifs. Le chef d'UPA en est le responsable et le seul habilité à décider de leur utilisation. Il a pour charge de gérer les ressources de telle sorte que les besoins alimentaires du groupe soient couverts jusqu'aux prochaines récoltes. En ce qui concerne le carnet de famille, s'en faire rayer équivaut à un bannissement.

Depuis la fin de la sécheresse des années 1970 que le sahel a connue, la tendance est à la segmentation de la famille étendue. Il existe une volonté des cadets de constituer des entités autonomes (Tableau 12).

Tableau 12 : Mode d'accès à la fonction de chef d'UPA

Année	Mode d'accès		Total
	Succession	Segmentation	
1945 - 1954	3	0	3
1955 - 1964	15	0	15
1965 - 1974	33	0	33
1975 - 1984	50	11	61
1985 - 1994	88	15	103
1995 - 2004	133	17	150
2005 - 2009	82	13	95
Total	404	56	460

N'DIAYE B. F., 2011

Au regard du tableau ci-dessus, depuis 1975, la segmentation a été le mode d'accès à la fonction de chef pour 56 des 460 chefs d'UPA enquêtés, soit 12 %. Plusieurs études concernant l'organisation des unités de production agricole au Mali (DJOUARA H. et al, 2006 ; COULIBALY Y. et al, 2006) et en Afrique de l'Ouest (TOULMIN C. et al, 2003 ; DEVEZE J.-C. et al, 2005) confirment une réduction de la taille des grandes exploitations traditionnelles. Ces exploitations de grande taille démographique ont tendance à disparaître par éclatement, soit par émancipation, soit après le décès du chef.

D'un autre coté, la segmentation de la famille ne se fait pas sur les mêmes bases selon les ethnies. Au niveau des communautés peuhles, les familles sont rarement étendues et le mariage est généralement l'occasion pour l'homme de prendre son indépendance économique. Par contre, chez les agriculteurs bambaras, la segmentation est plus conflictuelle et plus fréquente. Sur les 56 cas de segmentation recensés au cours de notre enquête, 34 cas soit 61 % sont intervenus dans des UPA bamanan et 29 % dans des UPA Sarakolé (Tableau 13).

Tableau 13 : Distribution des modes d'accès à la fonction de chef d'UPA selon l'ethnie

Ethnie	Succession	Segmentation	Total
Sarakolé	184	16	200
Bamanan	162	34	196
Peuhl	41	5	46
Maure	7	0	7
Malinké	6	1	7
Senoufo	2	0	2
Mianka	2	0	2
Total	404	56	460

N'DIAYE B. F., 2011

Quelque soit les causes de la segmentation, le nouveau chef d'UPA se fait établir son propre carnet de famille. Son nom et les noms de ses dépendants sont alors raiïer du carnet principal. Il devient ainsi un chef de famille à part et ne travaille plus sur le champ collectif. Il pourra participer ou non à certaines cérémonies. D'un autre coté, même au sein d'une même UPA, nous assistons à une déconcentration des pôles d'accumulation des richesses²¹. Un cadet peut ainsi acquérir un capital suffisant pour se marier. Mais on fera jouer réellement ou symboliquement, au chef de famille tout ou une partie de son rôle traditionnel de négociateur : démarchage, remise de dot, réception de l'épouse, etc.

2.2.1.3 Des unités de production agricole caractérisée par une forte tradition migratoire

Dans les discours des personnes enquêtées, il se dégage une certaine tradition de la migration. Migration egale "tabolo", "laada". "Nous sommes des marka. Pour nous chercher de l'argent est primordial", "à un certain âge (avant le mariage), un jeune marka doit sortir pour découvrir le monde et chercher de l'argent", "même si ta famille est milliardaire, même si tes parents ou ton propre frère de même père et de même mère ont le milliard, un jeune marka

²¹ Cela peut s'expliquer par une migration réussie ou une activité secondaire fructueuse.

doit sortir pour chercher pour lui même''. La migration, pour les communautés de Banamba, c'est comme un rituel d'initiation à la vie. 369 des 460 chefs d'UPA enquêtés, soit 80 %, ont déclaré avoir un ou des migrants (Tableau 14). Elle concerne tous les groupes ethniques existant dans le cercle. Le nombre moyen de migrant par UPA est de 3. Elle concerne aussi bien les hommes que les femmes (Figure 26)

Tableau 14 : Répartition des UPA enquêtées selon l'existence ou non de migrants

Ethnie	Non	Oui	Total
Bamanan	48	148	196
Maure	1	6	7
Peuhl	13	33	46
Sarakolé	27	173	200
Malinké	1	6	7
Senoufo	1	1	2
Mianka	0	2	2
Total	91	369	460

N'DIAYE B. F., 2011

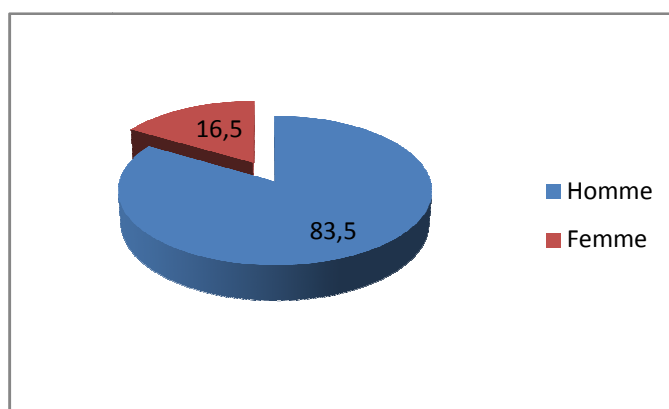


Figure 26: Répartition du nombre de migrants selon le sexe

N'DIAYE B. F., 2011

Les motifs de migration sont variés. La figure 27 présente les principaux motifs de migration déclarés par les chefs d'UPA enquêtés. Les motifs s'avèrent bien tranchés entre les hommes et les femmes. La migration masculine a pour cause première la recherche d'argent. Ce motif concerne 1175 migrants sur un total de 1211 soit 97 %. Les études sont déclarées comme motif par 34 migrants soit 2,8 % et les problèmes de santé par seulement 2 migrants. La migration des femmes est, quant à elle, principalement motivée par les événements de la vie de couple, notamment le rapprochement de conjoints qui constitue le premier motif pour 131

migrantes (54,8 %) sur un total de 239. La recherche d'argent (trousseau de mariage) est citée par 97 migrantes (40,6 %) et les études par 11 migrantes (4,6 %).

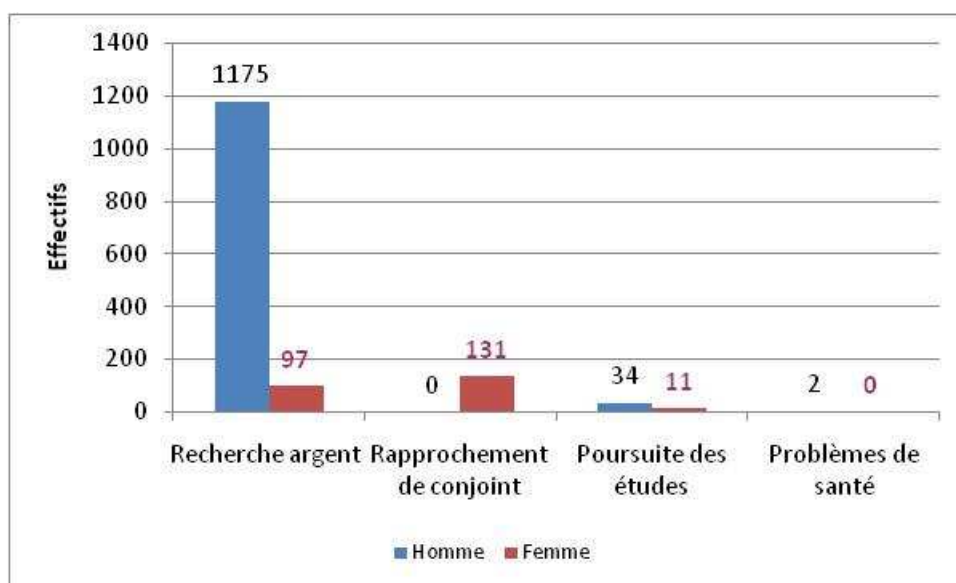


Figure 27: Répartition des migrants des UPA enquêtées selon leurs motifs de départ

N'DIAYE B. F., 2011

Le détail des analyses à l'échelle du pays montre que la répartition des motifs de la migration relevée sur l'ensemble de notre échantillon se retrouve dans ses grandes lignes à l'échelle nationale. Dans la plupart des cas, la prédominance des migrations de travail chez les hommes et celle des migrations liées à la vie matrimoniale et familiale chez les femmes apparaissent avec une grande régularité.

Les migrations sont d'abord internes. 66,7 % des migrants ont comme destination une ville du Mali, en l'occurrence Bamako, Kayes, Ségou et Sikasso. L'Afrique occidentale est la 2^{ème} zone de destination avec 17,5 %. Les pays de destination sont, en Afrique Occidentale, la Cote d'Ivoire, le Niger et le Sénégal. L'Afrique Centrale vient en 3^{ème} position (12,3%). Les pays de destination sont le Congo, l'Angola, le Gabon. En Afrique du Nord, les déplacements se font essentiellement vers la Libye. Hors d'Afrique, les pays d'accueil sont la France, l'Espagne, la Chine et les USA (Tableau 15).

Tableau 15 : Répartition des migrants des UPA enquêtées selon leur destination

Destination	Homme		Femme		Total	
	Effectifs	%	Effectifs	%	Effectifs	%
Autres régions du Mali	808	55,7	174	12,0	982	67,7
Afrique occidentale	212	14,6	40	2,8	252	17,4
Afrique centrale	149	10,3	15	1,0	164	11,3
Amérique du Nord, Asie, Europe	31	2,1	3	0,2	34	2,3
Afrique du Nord	10	0,7	7	0,5	17	1,2
NSP	1	0,1	0	0,0	1	0,1
Total	1211	83,5	239	16,5	1450	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

2.2.2 : Les facteurs de production agricole

Une exploitation agricole, dans son fonctionnement productif, doit réunir différents éléments nécessaires pour qu'une production végétale ou animale puisse être entreprise. Ces éléments, appelés facteurs de production, sont la terre (encore appelée le foncier), le travail (humain) et tous les biens matériels utilisés au cours de la production (les moyens de production) (BERGERET P. et DUFUMIER M., 2002).

2.2.2.1 Un système foncier coutumier dynamique

Le foncier de l'exploitation est constitué par l'ensemble des terres exploitées et des superficies construites (habitations, bâtiments pour le bétail, hangars, greniers, etc.). Il se caractérise par :

- La nature des terres, c'est-à-dire les types de sols, la nature du sous-sol, le niveau de fertilité, la pente, l'exposition, l'altitude, etc. ;
- La superficie des terres de l'exploitation, facteur de première importance pour l'analyse économique de l'exploitation ;
- Le mode de tenure des terres.

La nature des terres ayant déjà été abordée plus haut, nous nous intéressons particulièrement à la superficie des terres agricoles et à leur mode d'acquisition. La terre est une propriété éminente de l'État selon le droit foncier moderne (Ordonnance n° 0027/PRM du 22 mars 2000). Par contre, dans la réalité, le foncier relève essentiellement des règles locales comme dans la plupart des sociétés rurales. Le système foncier coutumier a longtemps été considéré à tort, comme archaïque, figé, source d'insécurité, empêchant l'intensification (LAVIGNE – DELVILLE PH., 2002). C'est pourquoi au Mali, l'optique est de remplacer ces règles par un système moderne, fondé sur des titres de propriété délivrés par l'État (Encadré 5).

Encadré 5: La dualité juridique sur le foncier en Afrique subsaharienne rurale

Depuis l'époque coloniale, la question foncière en Afrique se caractérise par une dualité juridique entre les règles foncières locales mises en œuvre par des pouvoirs locaux et la législation étatique. En zones francophones, la législation coloniale visait à généraliser la propriété privée par la voie de l'immatriculation, procédure par laquelle l'État attribue des droits incontestables. Dans l'attente d'une future immatriculation, les terres dites «vacantes et sans maîtres» (c'est-à-dire la quasi-totalité des terres, quels que soient par ailleurs les droits coutumiers qui s'exercent sur elles) sont intégrées au domaine de l'État. Les droits coutumiers sont, selon les pays et les périodes, niés ou reconnus du bout des lèvres. Inversement, les populations déniaient en général à l'État des droits sur les espaces qu'elles exploient et contrôlent.

Après les indépendances, les États ont pour l'essentiel conservé les principes de cette réglementation, souvent renforcée dans le sens d'un contrôle étatique de la terre et des ressources. Les législations sectorielles (sur le pastoralisme, sur les forêts) accentuent le pouvoir des services techniques de l'État dans la gestion des ressources. À l'heure actuelle, le pourcentage de terres immatriculées demeure très faible, quelques pour cent du territoire, et se trouvent essentiellement en zones urbaines. Le dualisme juridique demeure, créant un flou sur les règles qui s'appliquent.

En phase avec les plans d'ajustement structurel et les politiques de privatisation, et sous la pression des institutions internationales, des réformes foncières visant à promouvoir la propriété privée ont été entreprises durant les années 80. Suite à la réticence des États et des populations, et aux réévaluations de l'impact de la propriété privée sur la productivité, les réformes actuellement en expérimentation visent davantage à sortir de la dualité juridique, en offrant un cadre juridique aux droits locaux. Diverses approches ont été expérimentées : gestion patrimoniale, plans fonciers ruraux. La décentralisation a parfois abouti, comme au Mali, à créer des domaines communaux, constitués des terres portant un aménagement d'intérêt communal. Mais au-delà des discours sur la gestion locale du foncier et des ressources, la volonté de l'État de reconnaître une certaine autonomie foncière locale reste souvent ambiguë.

Source : LAVIGNE – DELVILLE PH., 2002

La référence à la coutume renvoie à des principes de légitimité, à des valeurs, et non à des règles figées. Les règles foncières sont d'abord des relations sociales. Il n'existe pas en général un droit foncier isolé de l'ensemble des relations sociales. La logique des systèmes coutumiers est de type procédural. Les droits détenus par les individus ont été négociés en fonction de leur position, des principes locaux et du contexte auprès d'acteurs ayant le pouvoir de les accorder. Il n'y a pas « un droit foncier coutumier », ni même un « système » au sens fermé du terme, mais des mécanismes de régulation de nature sociopolitique concernant l'accès et le contrôle de la terre et des ressources qu'elle porte (LAVIGNE – DELVILLE PH., 2002 op cit). Il n'existe jamais de terres « vacantes et sans maîtres », sur lesquelles aucun contrôle coutumier ne s'exerce. A l'organisation physique du paysage se superpose une organisation sociale de l'espace, caractérisée par des implantations humaines reliées par des liens historiques et politiques. Autrement dit, dans aucun des villages du cercle, une tierce personne ne peut s'installer sur des terres quelconques sans l'autorisation d'acteurs ayant le pouvoir de les accorder. Et même au sein d'UPA, l'occupation de

nouvelles terres requièrent l’aval du chef d’UPA. Ces règles déterminent les différents modes d’acquisition que l’on rencontre (Tableau 16).

Tableau 16 : Répartition des CUP selon le mode d'acquisition des terres cultivées

Mode d'acquisition	Effectifs	Pourcentage
Succession	431	93,7
Prêt	18	3,9
Achat	9	2,0
Location	2	0,4
Total	460	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

Le premier mode d’acquisition de la propriété foncière réside dans la transmission successorale. Le capital foncier cultivable en propre, est alors inaliénable et inhéritable individuellement. La propriété est au lignage ancien et futur et l’usufruit aux membres vivants du parentage. On peut hériter des terres possédées par ses ascendants. Le droit d’usage d’une certaine superficie de terre arable peut faire l’objet d’une attribution à titre de prêt. Il découle des normes sociales dans les agricultures de subsistance ou décidé par les autorités politiques. Il peut revêtir soit un caractère familial, soit une allure collective. En troisième lieu, ce même droit peut être acquis à titre onéreux, surtout dans les villages qui connaissent un début de modernisation et d’urbanisation. Enfin le droit d’usage peut être confié à un exploitant par un ayant droit qui n’entend pas en assurer lui-même la gestion. Des formules mixtes sont possibles. Une exploitation peut être composée à la fois de parcelles possédées en propre par son titulaire et de parcelles louées, sans omettre la possibilité de prêts consentis à titre gratuit ou onéreux.

Au niveau d’une exploitation, les terres agricoles se répartissent entre champs familiaux et champs individuels. L’ensemble des membres de l’UPA réalisent la mise en culture des champs familiaux qui fournissent, pour l’essentiel, les moyens de subsistance du groupe. Les hommes de l’UPA peuvent disposer d’un champ individuel, dont le bénéfice leur revient personnellement. C’est notamment le cas des jeunes hommes qui disposent d’un champ personnel d’arachide. Chaque femme mariée peut exploiter une partie du champ de son mari.

Géographiquement, chaque exploitation répartit ses terres en champs de brousse et en champs de case. Les champs de brousse sont réservés à la culture des céréales et de l’arachide et les champs de case à la culture du maïs et de certaines légumineuses (patates). Mais, avec la

dégradation des terres due aux récentes sécheresses, cette organisation n'est plus que théorique et les paysans consacrent indifféremment les champs de brousse et de case à la culture des céréales.

Avant de présenter les résultats, il est important de rappeler que cette enquête est basée sur les déclarations des chefs d'UPA. Il n'a pas été fait de mesure des superficies réelles des champs ou des parcelles. Ainsi, ces superficies ne sont que des valeurs indicatives. Pour disposer de données précises et sûres, il faudrait procéder à des relevés, par exemple au GPS, comme d'ailleurs pour les productions où il serait nécessaire de procéder à des pesées. Les données présentées dans le tableau 17 donnent cependant des indications sur la situation dans les exploitations agricoles de la zone étudiée.

Tableau 17 : Superficies disponibles et superficies moyennes cultivées par exploitation (en ha)

	Sorgho	Mil	Maïs	Sésame	Arachide	Henné	Jachères
Moyenne	1,05	4,26	0,17	0,25	1,11	0,33	1,20
Ecart-type	1,29	2,58	0,56	0,56	1,35	0,67	2,01
Somme	485,27	1958,50	79,17	117,23	511,75	151,97	553,50

N'DIAYE B. F., 2011

Les superficies déclarées sont importantes : 3857 ha disponibles y compris les jachères, ce qui donne en moyenne 8,4 ha par exploitation et 0,35 ha par personne. La superficie moyenne des champs varie selon la culture. La moyenne des superficies par exploitation est nettement supérieure à celle du RGA où la superficie moyenne cultivée annuellement était de 5,3 ha par exploitation. Par contre, dans le RGA la superficie moyenne cultivée par personne par exploitation était de 0,39 ha pour la région de Koulikoro. Cette donnée est presque identique à celle obtenue avec cette enquête.

2.2.2.2 La force de travail utilisée par les unités de production agricole

Le travail nécessaire aux activités productrices de l'UPA est fourni essentiellement par la main d'œuvre familiale et dans une moindre mesure par une main d'œuvre extérieur (salariés, journaliers, groupes d'entraide).

2.2.2.2.1 La main d'œuvre familiale :

Les UPA sont essentiellement des exploitations familiales car la force de travail utilisée pour la mise en œuvre du système de production est, d'abord exclusivement issue des membres de

la famille du chef d'exploitation. C'est cette main d'œuvre familiale qui conditionne les activités productrices de l'exploitation.

2.2.2.2.2 La main d'œuvre extérieure

L'exploitation, en cas de besoin, peut avoir recours à la main d'œuvre extérieure. Ce recours peut se faire sous diverses formes : recrutement d'un salarié permanent ou saisonnier pour la conduite du troupeau et le travail au champ, location de la force de travail journalier d'un individu ou d'une association villageoise.

Compte tenu du coût que l'emploi de salariés entraîne, toutes les UPA n'y font pas recours. Seulement 27,8% des paysans enquêtés ont affirmé utiliser des salariés agricoles (Tableau 18)

Tableau 18 : Utilisation de salariés agricoles (campagne agricole 2008-2009)

Utilisation	Effectifs	Pourcentage
Oui	128	27,8
Non	332	72,2
Total	460	100

N'DIAYE B. F., 2011

Le nombre de salariés employés par UPA varie de 1 à 3. Entre 2008 et 2010, le nombre d'UPA employant des salariés agricoles a considérablement diminué. Ce nombre est passé de 128 en 2008-2009 à 36 en 2009-2010 soit une baisse de plus de 71 %. Les lignes en pointillés obtenues par régression linéaire montrent également la baisse tendancielle du nombre de salariés (Figure 28).

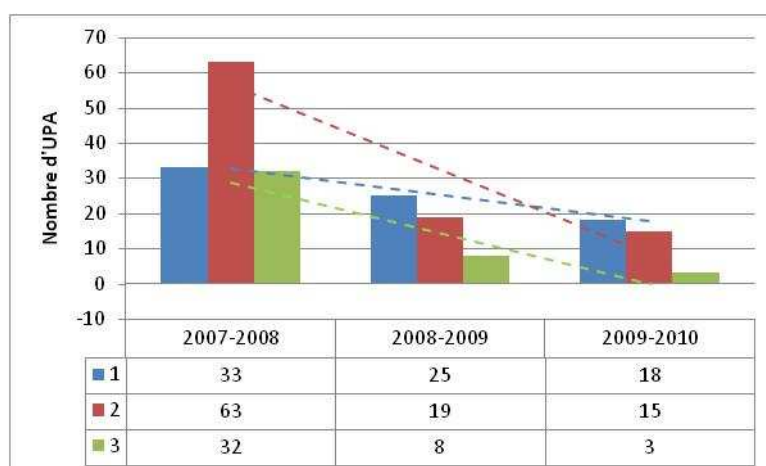


Figure 28: Evolution du nombre de salariés agricole entre 2008 et 2010

N'DIAYE B. F., 2011

2.2.2.3 Des moyens de production surtout rudimentaires

Ils sont constitués des instruments de labour, des animaux et des engrais.

2.2.2.3.1 Les instruments de travail

Au sein des UPA, les outils utilisés sont de trois ordres : les outils manuels, les outils à traction animale et les outils motorisés.

Les principaux outils manuels sont : la hache, le coupe-coupe, la houe et la *daba*. Les deux premiers servent pendant les défrichements. La houe et la *daba*, pour creuser ou soulever des couches de terres plus ou moins légères. Leur taille et leur forme varient en fonction du travail que l'on souhaite réalisé. Les plus petites sont utilisées pour les semis, les plus grandes pour la préparation du sol, le sarclage ou le buttage des tubercules. En plus de la houe et de la *daba*, le couteau et la faucille sont utilisés pour les récoltes.

On distingue trois types d'outils d'attelage pour le travail du sol : la charrue, le multicultureur et le semoir. Il existe deux variantes de charrue. La charrue simple avec coutre et soc unique auquel est relié le versoir. Elle est destinée au labour et à l'enfouissement des mauvaises herbes et des résidus de récolte. Le deuxième type de charrue aussi appelée herse, est utilisé pour le buttage : c'est une charrue à deux coutres, deux socs et deux versoirs. Il a une pénétration plus profonde dans le sol. Le multicultureur, comme son nom l'indique est un outil qui permet de réaliser plusieurs types de travaux, du grattage du sol pour l'installation des cultures au sarclage-binage. Le caractère léger de cet outil permet d'avancer rapidement dans le travail du sol au moment de l'installation des cultures ; ce qui donne un avantage particulier à l'utilisation de cet outil. En effet, comme soulignés par plusieurs chercheurs (SOUMARÉ M., 2008), dans le contexte des agricultures soudano-sahéliennes, le semis est une course de vitesse. Les rendements obtenus sont liés à la date de semis. Plus on sème en tout début de saison plus les rendements escomptés sont importants. Le semoir comprend une roue qui tourne lorsqu'il est tiré par les animaux. En tournant, la roue entraîne avec elle le disque troué et plaqué contre la paroi du réservoir à semences. L'ouverture du réservoir et l'espace des trous du disque sont fonction de la densité de semis souhaitée. A ces trois outils à traction animale, un quatrième est devenu un outil clé pour les UPA. Il s'agit de la charrette à deux roues. Elle est utilisée pour le transport des autres équipements agricoles, des intrants, des personnes et des récoltes. C'est grâce à elles que la fumure organique est déplacée des lieux de production vers les champs cultivés. Son manque constitue un handicap majeur l'UPA. Un

attelage est conduit par deux à trois personnes et tiré par deux bœufs dressés à cet effet. Il arrive exceptionnellement, qu'il soit tiré par un âne ou un cheval.

Le principal outil motorisé est le tracteur. Sa vulgarisation s'est limitée à quelques riches exploitations (moins de 1% des UPA enquêtées). Il n'est utilisé que partiellement et quelques rares fois pour le labour pendant l'installation des cultures et le battage. En plus du coût du carburant et des entretiens, la nature des sols (sols moins lourds) ne permettent pas une rentabilité de l'engin. A l'exception des tracteurs, le reste du matériel agricole est présentement produit sur place.

2.2.2.3.2 Des unités de production agricole faiblement équipées en attelage

Les stratégies adoptées par les producteurs en matière d'élevage visent, pour la majorité d'entre eux, d'abord la traction animale et la production de fumure organique. La notion de vulnérabilité des exploitations agricoles familiales par rapport à la composante « élevage » se décline donc selon leurs capacités à mobiliser un attelage et à produire du fumier. Deux espèces animales se distinguent nettement des autres pour leur rôle de force motrice. Il s'agit des bœufs pour le labour et de l'âne pour le transport. Avec un troupeau moyen de 2 animaux de traction, les exploitations agricoles familiales du cercle de Banamba apparaissent, au premier abord, relativement autonomes vis-à-vis de la traction animale. Mais le nombre d'animaux par UPA est mal réparti. Notre étude montre que un quart des UPA ne dispose d'aucun animal de traction (bœuf ou âne). Seulement 4 % et 19 % des UPA disent avoir respectivement un bœuf de labour ou un âne. 50% possèdent plus de 2 animaux de traction (bœuf ou âne) (Tableau 19). Ce sont le plus souvent les petites exploitations qui sont dépourvues d'animaux de traction.

Tableau 19 : Distribution des UPA selon le nombre d'animaux de traction disponibles en leur sein

Nombre d'animaux de traction	Bœuf de labour		Ane	
	Effectifs	Pourcentage	Effectifs	Pourcentage
Ne dispose d'aucun animal de traction	116	25,3	113	24,6
Dispose d'un seul	19	4,1	89	19,3
Dispose entre 2 à 4	240	52,2	217	47,1
Dispose entre 5 à 10	66	14,3	38	8,3
Dispose de plus de 10 animaux de traction	19	4,1	3	0,7
Total	460	100,0	460	100,0

En se référant à deux importantes études²², on se rend compte que cette situation de sous équipement des exploitations agricoles du cercle d Banamba, n'est nullement une exception. Le RGA de 2004-2005 montre qu'à l'échelle du pays, sur 805 194 exploitations agricoles répertoriées, 260978 exploitations disposent d'un attelage complet (une paire de bœuf + une charrue et / ou multicultureur) soit 32 % des exploitations. A l'échelle de la région de Koulikoro, cette proportion est de 41%.

La 2^{ème} étude, menée dans les cercles de Yanfolila et Bankass, arrive également à la conclusion que de nombreuses exploitations ne sont pas équipées en traction animale pour le travail du sol : 62% des exploitations à Bankass et 38% à Yanfolila n'ont pas d'attelage bovin ; plus d'une exploitation sur deux ne dispose pas d'une charrette pour le transport dans la zone de Yanfolila, contre seulement une sur quatre à Bankass. Toujours selon cette étude, sur l'ensemble des exploitations enquêtées, une seule est en traction motorisée.

2.2.2.3.3 Les engrais

Les matières organiques utilisées pour la fertilisation des champs cultivés peuvent prendre des formes très diverses (DUFUMIER M., 2005). En premier lieu, les UPA utilisent les déjections animales. Ces déjections sont accumulées quotidiennement, lors du parage nocturne des troupeaux, dans la cour des concessions et dans les parcs d'hivernage. Elles sont ensuite transportées et répandues sans autre apport, sous la forme de « poudrette » préalablement séchée, dans les champs qui vont faire l'objet d'un labour d'enfouissement. Ainsi répandue, cette « poudrette » a déjà perdu une grande partie de son carbone et de son azote. Mais les déjections animales accumulées, dans les parcs d'hivernage, servent aussi à la fabrication d'un véritable fumier, lorsque des chaumes de céréales sont régulièrement apportés dans les parcs pour la confection de litières pour les animaux. Il est à mentionner aussi des apports directs de déjections animales lors de la stabulation nocturne des animaux au sein de parcs mobiles. Ces parcs sont installés temporairement sur les champs, en saison sèche, le plus souvent dans le cadre de « contrats de fumure » noués entre agriculteurs sédentaires et éleveurs transhumants.

²² Il s'agit du Recensement Général de l'Agriculture (RGA) – Campagne agricole 2004-2005 et de l'étude sur les « Systèmes d'activités et performances des exploitations agricoles familiales dans les cercles de Yanfolila et Bankass » réalisée en 2013 par l'Institut d'Economie Rurale (IER)-Mali avec l'appui du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)-France.

La paille et les chaumes de céréales sont parfois laissées, couchées sur les champs après la récolte des épis. Largement piétinés et partiellement consommés par les animaux divagant en vaine pâture, ces résidus de culture ne se décomposent que lentement, mais peuvent être parfois mis à profit, par les termites qui recyclent ainsi une partie des matières organiques, dans les couches superficielles du sol. Leur enfouissement direct par le labour aboutit bien souvent à une structure du sol un peu trop « soufflée ». Les exploitants équipés de charrettes attelées s'efforcent par contre de récolter et stocker provisoirement ces résidus de culture pour les mélanger ensuite avec des excréments animaux pour la fabrication de fumier, lors de la confection de litières dans les parcs d'hivernage ou dans des fosses fumières creusées à cet effet. Faute de pouvoir toujours disposer de fèces en quantité suffisante, certains exploitants se contentent de fabriquer directement du compost au sein de fosses compostières situées à proximité de l'habitat.

Le fumier est fabriqué en mélangeant systématiquement les tiges et les pailles de céréales avec des déjections animales encore fraîches, lors de la confection des litières dans les parcs d'hivernage, ou directement au sein des fosses fumières. La fabrication du fumier reste néanmoins l'apanage des seuls exploitants équipés de charrettes attelées, car elle suppose en effet de pouvoir réaliser de nombreux trajets pour le transport des résidus de culture et du fumier lui-même.

Les exploitants qui disposent de charrettes attelées sans toutefois posséder de nombreux animaux sont parfois contraints d'aller chercher eux-mêmes directement divers résidus organiques (bouses séchées, feuilles mortes, brindilles, etc.).

Les feuilles mortes tombent régulièrement des arbres délibérément maintenus au sein des parcelles cultivées : karité, néré, *Acacia albida*, etc. Grâce à leurs racines profondes, ces arbres sont capables de puiser des éléments minéraux en profondeur, les fixer provisoirement dans leur biomasse, et les restituer sous la forme de feuilles mortes à la superficie des sols. Les arbres de la famille des légumineuses contribuent aussi à apporter de l'azote.

2.2.2.4 Une organisation économique rythmée par le climat

La vie des paysans est au rythme des activités agricoles qui sont elles-mêmes conditionnées par le climat. Il ne s'agit nullement de décrire les activités économiques qui caractérisent les

Globalement, il existe deux grandes périodes d'activités : l'hivernage (juin – octobre) et la période hors hivernage. L'hivernage concentre la plus grande charge d'activités qui sont essentiellement agricoles. Traditionnellement, dès la fin théorique de la saison sèche, on faisait le « *kalatie* » (*ramassage des tiges de mil et sorgho*) qui correspond aux mois de mars et avril. Tous les agriculteurs attendaient à la fois le début des prochaines pluies, mais aussi le signal des sages du village pour commencer les travaux de labour. Le labour commence en général dès le début du mois de mai. Il était suivi des semis qui portaient en premier lieu sur le mil, sorgho, l'arachide et les cultures tuberculeuses venaient en dernière position. Les travaux de sarclage s'étendaient sur deux mois (août – septembre). Déjà à cette période, certains quittaient le village pour la capitale dans le but de trouver de l'argent pour les travaux de battage. Quand aux travaux de battage, ils débutent à partir du mois de novembre et continuent jusqu'en fin janvier. La période hors hivernage est consacrée aux activités sociales (mariage, migration, restauration des maisons). Voir la figure 29 pour le complément d'information sur le calendrier des activités.



Ce travail bien rythmé présentait plusieurs avantages car les différentes associations agricoles pouvaient faire la ronde des champs permettant aussi aux agriculteurs de se prêter main forte les uns les autres. Également en cas d'attaque de la part des criquets, le degré de sinistre ne serait pas très élevé.

Avec la sécheresse le calendrier a été profondément modifié. Il y a eu l'introduction du semis des mil/sorgho à sec qui commence dès le 15 mai et de l'arachide à partir du 20 juin.

2.3 Les sources de revenu et les dépenses des unités de production agricole

Il s'agit, dans un premier temps d'identifier les activités à travers lesquelles les membres de l'unité de production de l'argent, pour faire face aussi bien à certains besoins alimentaires mais également à certains besoins non alimentaires. L'étude ne s'est pas penchée sur la détermination des revenus (l'ensemble des revenus) de l'exploitation agricole familiale, ni sur les salaires agricoles et rémunérations de prestations agricoles obtenus par les membres des exploitations en travaillant dans d'autres exploitations.

Dans un second temps, il s'agira de cerner les principales dépenses des unités de production. Ici aussi, l'étude ne chiffre pas les dépenses. Cet exercice est toujours périlleux pour des communautés majoritairement analphabètes, et qui ne tiennent aucune comptabilité. L'objectif était plutôt d'appréhender globalement la perception des chefs d'UPA sur l'évolution récente de leurs dépenses.

2.3.1 : Des sources de revenu de plus en plus diversifiées

Au sein des UPA, plusieurs sources de revenu ont été identifiées. Elles sont regroupées en trois principales sources : le revenu issu de la production agricole, des ressources naturelles, celui issu des activités non agricoles et la rente migratoire. Ces sources de revenu ne sont pas exclusives et dans toutes les UPA on retrouve une combinaison de ces sources de revenu.

2.3.1.1 La production agricole

Elle constitue la principale source de revenu pour 403 sur 460 enquêtées, soit de 87,6 % des UPA enquêtées. Cette production concerne les cultures de rente (essentiellement le sésame et le henné et dans une moindre mesure, l'arachide). Et pour un certain nombre d'UPA, les productions céréalières. En effet, pour faire face à certains besoins non alimentaires, une quantité de la production céréalière est vendue. Il ne s'agit pas toujours d'un surplus de

production et le fait de vendre une partie de la production céréalière rend les membres de l'UPA plus vulnérables.

Au cours des 20 dernières années, la part de la production agricole dans la génération de revenu a beaucoup évolué (Figure 30). Un peu plus d'une UPA sur trois (140 sur 403) affirment que la source de revenu liée a productions agricoles a diminué. Ce qui correspond à 34,74 %. Pour 45 UPA enquêtées (11 %), cette source a même disparu. Cette diminution est due essentiellement à la baisse des productions agricoles imputable au déficit pluviométrique et à la dégradation des sols.

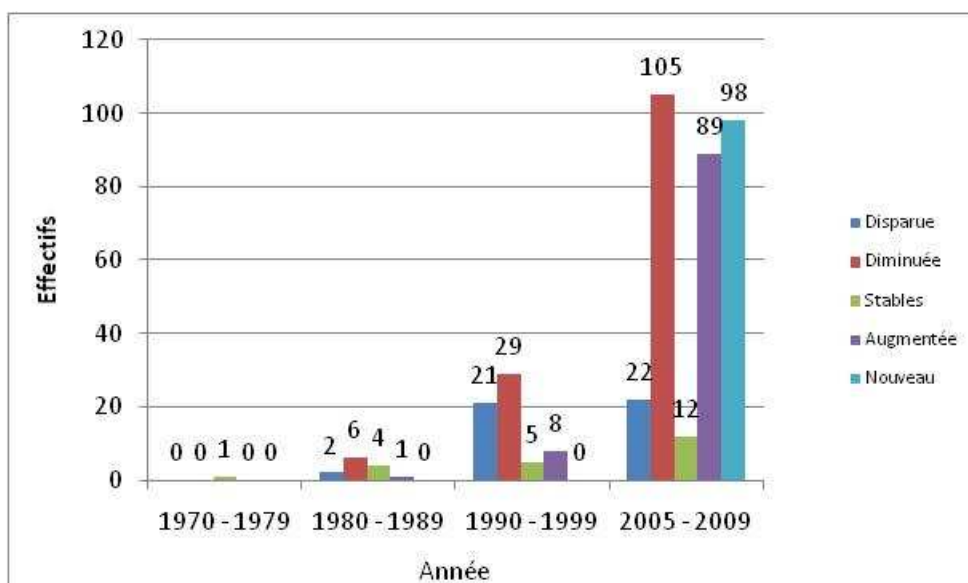


Figure 30 : Évolution de la source de revenu liée aux productions agricoles entre 1970 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

Par contre, malgré la baisse des productions, près d'une UPA sur quatre (98 UPA sur 403) ont augmenté les quantités de production agricole pour avoir plus de revenu. Pour la même proportion d'UPA, la vente des productions agricoles est devenue une nouvelle source de revenu.

2.3.1.2 Les prestations de service agricole

Les prestations de services agricoles concernent, dans un premier temps, la location d'attelage, de tracteur ou de charrette pour le labour, le transport de fumure dans les champs, le battage de la récolte de mil / sorgho et son transport vers les greniers. Les frais de location sont réglés en argent espèce ou en nature (céréales).

Dans un second temps, ces prestations constituent une vente de main d'œuvre collective. En effet, les UPA font souvent appel aux associations d'hommes ou de femmes pour les travaux agricoles. Les associations sont alors payées à la tâche en nature ou en espèce. Ces groupes de travail constituent de réelles opportunités, pour les jeunes et les femmes, membres dépendants des exploitations agricoles, d'obtenir un revenu individuel. Cela, comme le souligne COULIBALY Y. et al. (2006), est un élément important pour la cohésion entre unités de production. Au cours de l'enquête menée auprès des chefs d'UPA, un chef sur deux a déclaré être membre d'une association. La principale activité menée par l'association porte sur les travaux champêtres (défrichage, labour, sarclage, battage).

2.3.1.3 La cueillette et la production de bois de chauffe et de charbon de bois

Les revenus issus de la cueillette sont tirés principalement de la vente des noix de karité, des graines de néré. C'est une activité majoritairement pratiquée par les femmes. Avec les noix de karité et selon un processus qui demande beaucoup de temps d'un travail à forte pénibilité, les femmes produisent du beurre de karité. Ce beurre est aussi utilisé comme produit de beauté ou pour faire du savon. Avec les graines de néré, elle produisent un condiment appelé *soumbala* largement utilisé dans la cuisine. Ces produits qu'ils soient bruts (noix et graines) ou transformés (beurre et *soumbala*) sont destinés à la consommation et à la vente dans des proportions très difficiles à déterminer. Le ramassage et la vente d'autres produits notamment les fruits du tamarin et du baobab, diverses plantes pour le tissage de nattes, et des plantes médicinales sont également inclus dans la cueillette comme activité génératrice de revenu.

Le bois est exploité par la totalité des exploitations agricoles familiales. Mais, il constitue une source de revenu pour 354 UPA, soit 77 %. Il est utilisé comme source principale d'énergie domestique et comme matériau de construction. Le pourcentage d'UPA ayant la vente de bois et de charbon de bois comme source de revenu, a beaucoup augmenté depuis 1970 (Figure 31). Au cours des 20 dernières années, 179 des 354 UPA concernées, soit 51 %, affirme avoir maintenu et même augmenté leur production de bois de chauffe et de charbon pour avoir des revenus. En plus depuis 2000, le bois de chauffe et le charbon de bois constituent une nouvelle source de revenu pour 67 UPA, soit 19 % des UPA.

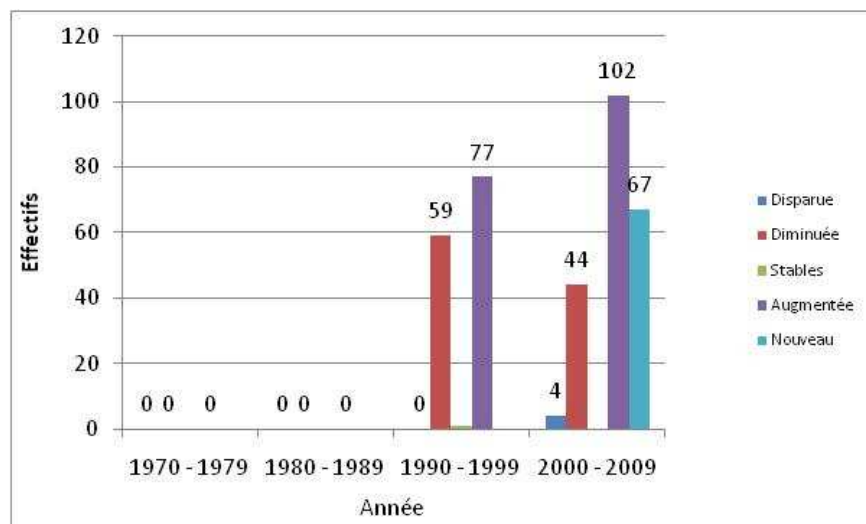


Figure 31 : Évolution de la source de revenu liée à la production du bois et du charbon de bois entre 1970 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

Cette ruée vers les ressources ligneuses ne doit pas occulter l'état de dégradation dans lequel se trouvent ces ressources. C'est pourquoi, depuis 1990, 103 des 354 UPA enquêtées ont vu leurs revenus liés au bois de chauffe et charbon de bois diminués. Pour quatre UPA la cueillette, le bois et le charbon de bois ne constituent plus une source de revenu.

Cette diminution touche particulièrement les produits de cueillette. La production de noix de karité est réputée pour être très irrégulière selon les années.

2.3.1.4 La vente de cheptel

Selon les statistiques nationales, l'élevage nourrit plus de 30 % de la population malienne et contribue au PIB à hauteur de 11 %. Cette activité occupe la troisième place des exportations après l'or et le coton, avec des recettes estimées à 46,08 milliards de FCFA (92 million \$) en 2001. L'élevage joue un rôle essentiel dans les stratégies des ménages. Une étude menée au niveau du pays, révèle que 87,3 % des exploitations agricoles au Mali possèdent du bétail (SAMAKE A. et al. 2008). La vente de cheptel est très diversifiée. Elle constitue un support de l'économie familiale, à des degrés divers. Depuis le cheptel avicole, présent comme complément dans presque tous les foyers d'Afrique, jusqu'à l'embouche bovine, pratiqué par de grands éleveurs de tradition qui en ont fait leur moyen de subsistance.

Il ressort des enquêtes menées auprès des UPA que la vente de cheptel devient de plus en plus la source privilégiée de revenu (Figure 32). Depuis 1980, 196 des 272 UPA concernées par cette activité, soit 72 %, ont vu leurs sources de revenu issues de la vente de bétail augmenté. La vente de bétail devient même une nouvelle source de revenu pour 20 UPA à partir de 2000. En effet, l'élevage sert à amortir les chocs dus à l'instabilité et la variabilité de la production agricole. Pendant les années de bonne production des cultures, les ménages investissent et accroissent la taille de leurs troupeaux. Tandis que pendant les périodes de mauvaises récoltes ils vendent des animaux et décapitalisent. La gestion du troupeau fait donc partie d'un portefeuille d'activités agricoles visant à gérer les risques d'une agriculture essentiellement pluviale, et fortement dépendante d'un environnement incertain.

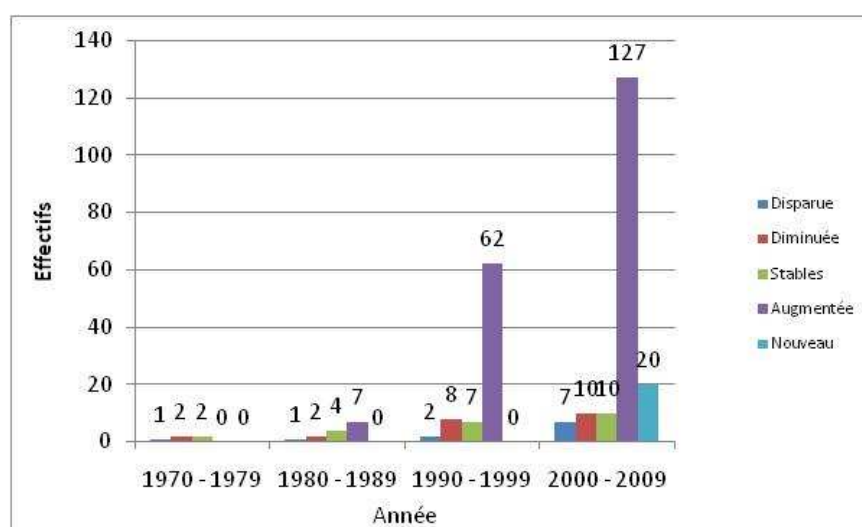


Figure 32 : Évolution de la source de revenu liée à la vente de bétail entre 1970 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

2.3.1.5 Les transferts d'argent

Au Mali, les transferts publics directs aux ménages sont quasiment inexistants en dehors des distributions de vivres pendant les crises alimentaires. Pour les paysans et autres travailleurs indépendants des zones rurales, il n'y a ni assurance sociale, ni retraite. On trouve cependant, dans les villages, quelques personnes qui bénéficient d'une retraite ou pension en raison d'activités professionnelles passées, exercées en ville.

Les aides de l'État prennent la forme de projets de développement localisés et cofinancés avec des bailleurs de fonds extérieurs (aide bilatérale ou multilatérale) : constructions d'infrastructures collectives ou individuelles (par exemple lors de la réalisation de périmètres

irrigués, des parcelles sont attribuées à des exploitations agricoles), dons d'outils, de produits, voire de fonds de roulement pour démarrer ou relancer des activités productives (par exemple des semences, une motopompe, etc.). Les aides portent aussi sur le capital social avec la prise en charge de formations techniques et professionnelles, des cours d'alphabétisation, etc. On notera que les projets de développement demandent de plus une contribution des bénéficiaires aux investissements et/ou dépenses réalisées.

La source principale de transfert d'argent reste la migration. Les transferts vers les zones de départ sont importants. Les migrants envoient directement de l'argent à leurs familles, du matériel ou les deux (Figure 33).

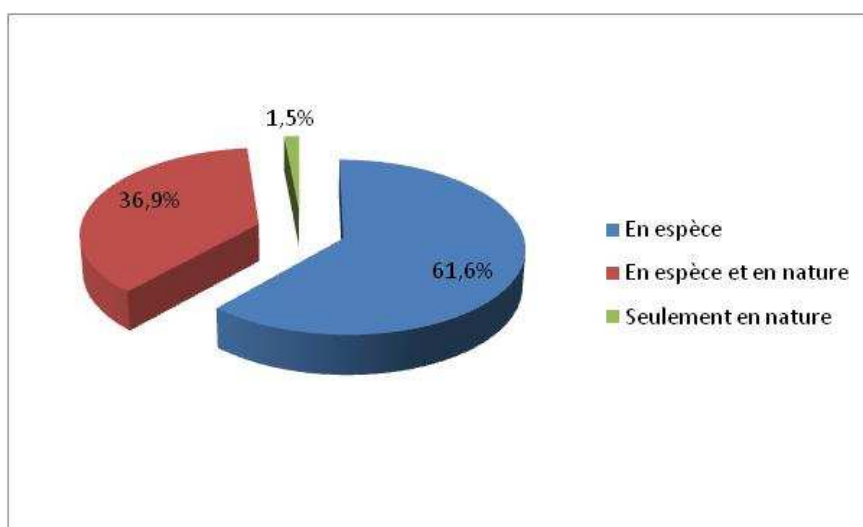


Figure 33 : Répartition des migrants des UPA enquêtées selon la nature des transferts effectués

N'DIAYE B. F., 2011

L'évaluation des montants envoyés est rendue difficile par la pluralité des destinataires (chef d'UPA, mères, épouses, frères ou sœurs). Toutefois, les montants déclarés par le chef d'UPA sont assez variés. Entre 2009 et 2010, ils s'inscrivent dans une fourchette allant de 10000 FCFA à 6000000 FCFA (Tableau 20). La moyenne par UPA est d'environ 245000 FCFA.

Tableau 20 : Répartition des migrants des UPA enquêtées selon les montants envoyés (2009-2010)

Montant en FCFA	Effectifs	%
Moins de 500000	238	91,9
500000 - 1000000	14	5,4
1000001 - 2000000	2	0,8
2000001 - 3000000	4	1,5
Plus de trois millions	1	0,4
Total	259	100,0

N'DIAYE B.F., 2011

Les montants envoyés sont d'abord consacrés aux besoins de consommation de la famille (dépenses d'alimentation, habillement, éducation et santé) puis à la capitalisation (élevage notamment) et au financement des activités productives (agriculture et autres.) et enfin à la construction ou à l'amélioration d'une maison.

2.3.1.6 Le revenu non agricole

Les opportunités de travail salarié en zone rurale au Mali sont rares. Sur le plan national, le rapport EMEP notait en 2004, que « sur l'ensemble des actifs occupés du Mali, les salariés ne représentent que 13,6%, alors que les patrons et les travailleurs indépendants représentent 71,4% » (OEF, 2004). Au Mali les actifs occupés sont, pour la plupart, des travailleurs indépendants ou des aides familiaux (OEF, 2004). Dans l'unité qu'est l'exploitation agricole familiale, le chef d'exploitation peut être assimilé au « patron » d'une unité de production agricole qui emploie les membres de sa famille (au sens large) sans les rémunérer. Ceux-ci sont considérés comme des aides familiaux. Mais, nombre de ces aides familiaux « agricoles » exercent aussi des activités en tant que travailleurs indépendants (commerce, artisanat, services divers). Les revenus tirés de ces activités sont des revenus gérés au niveau individuel ou du ménage dépendant, même si une partie doit tout de même être utilisée pour la satisfaction des besoins de l'ensemble du groupe (contribution versée au chef d'exploitation, participation pour la confection des repas communs, etc.).

2.3.2 : Les dépenses des unités de production et leur évolution entre 1970 et 2009

Les principales dépenses des UPA sont des dépenses de consommation (alimentation, santé, éducation, cérémonies) d'investissement (capitalisation) et des dépenses civiques. Au cours des enquêtes, il a été demandé aux chefs d'UPA d'apprécier l'évolution de leurs dépenses sur la période 1970 – 2009, dans les termes suivants : diminué, stable, augmenté. La figure 34

présente la distribution des opinions sur l'évolution des dépenses. Excepté pour les dépenses scolaires, les chefs d'UPA signalent une augmentation pour toutes les autres dépenses.

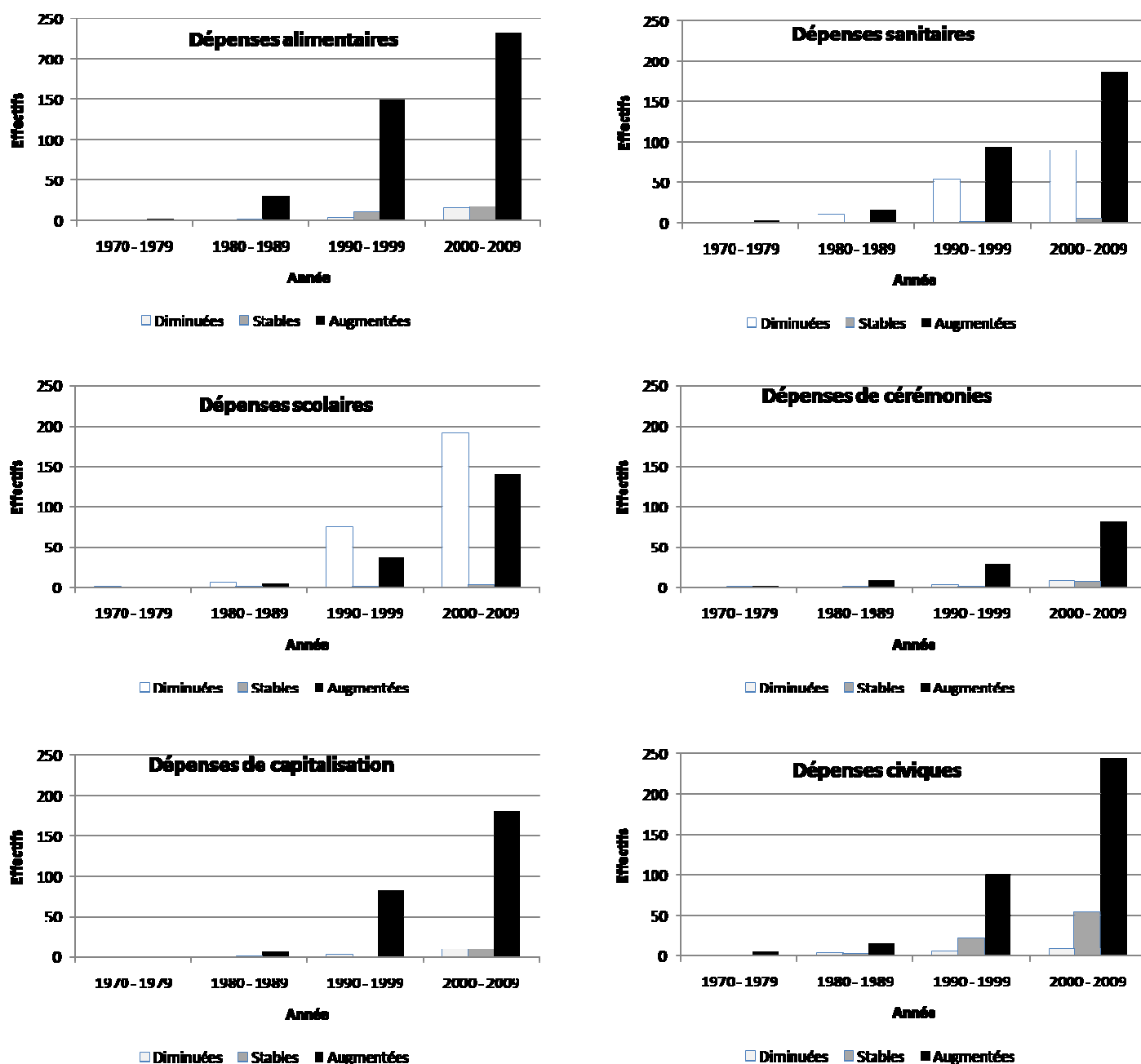


Figure 34 : Évolution des principales dépenses entre 1970 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

2.3.2.1 Les dépenses alimentaires

Les chefs d'exploitation ont été interrogés sur la perception de leur niveau d'autosuffisance alimentaire au cours de l'année écoulée (Figure 35). Près de trois personnes sur quatre (339

sur 460 chefs d'UPA) ont déclaré ne pas être autosuffisantes. La moyenne de mois non couvert se situe autour de trois avec des extrêmes allant de sept à dix mois.

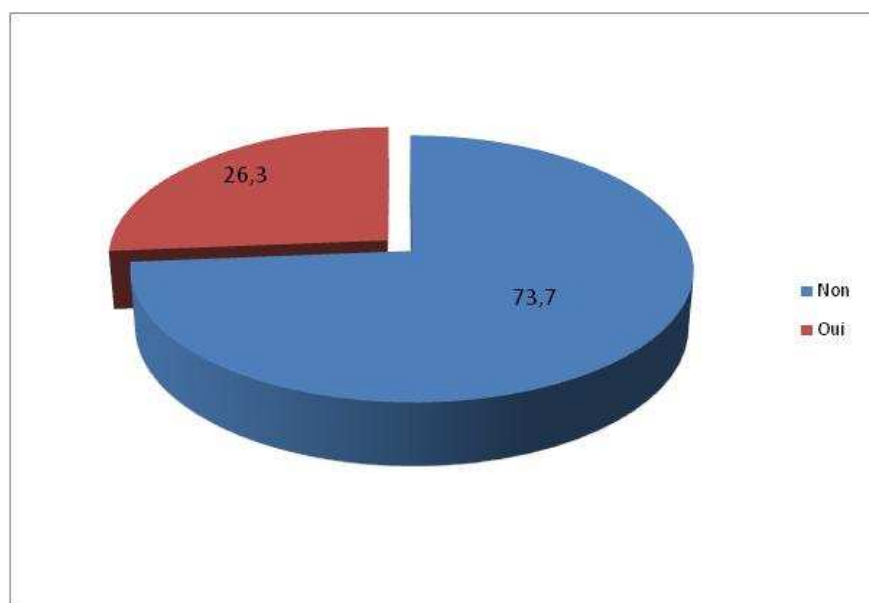


Figure 35 : Répartition des chefs d'UPA selon qu'ils soient autosuffisant ou non

N'DIAYE B. F., 2011

Les difficultés d'autosuffisance alimentaire conduisent inévitablement à une augmentation des dépenses alimentaires des UPA comme le montre le graphique 33. Sur la période 1970 – 2009, pour 414 des 460 UPA enquêtées, les dépenses alimentaires, notamment les achats de céréales ont effectivement augmenté.

2.3.2.2 Les dépenses de santé

L'insuffisance alimentaire ci-dessus ébauchée a des répercussions directes sur la santé des populations en générale et particulièrement sur celle des enfants. Sur la période 1970 – 2009, pour environ deux UPA sur trois (300 sur 460 UPA), les dépenses sanitaires ont augmenté. Toutefois, pour un tiers des UPA les dépenses ont diminué à cause du manque ou de l'insuffisance des revenus.

2.3.2.3 Les dépenses scolaires

Contrairement aux autres dépenses, la tendance est plutôt à la baisse en ce qui concerne les dépenses scolaires. Sur la période 1970 – 2009, pour 273 sur 460 UPA (environ 60 %), les dépenses scolaires ont diminué. En effet, face à la cherté de la vie, beaucoup de parents ne

réagissent guère lorsque leurs enfants abandonnent l'école. Toutefois, près de 40 % des UPA déclarent une augmentation des dépenses.

Il faut souligner qu'au niveau du pays, la proportion de la dépense totale des familles dans la dépense nationale d'éducation est aussi en augmentation. Il ressort du rapport de diagnostic du système éducatif pour l'élaboration de la troisième partie du Programme d'Investissement du Secteur de l'Education (PISE III), qu'en moyenne, les familles ont contribué, en 2008, pour 19% de la dépense totale dans le premier cycle fondamental contre 17% en 2004. Dans le second cycle cette dépense est passée de 9 % en 2004 à 14% 2008 (CPS 2009).

2.3.2.4 Les dépenses de cérémonies

Elles concernent essentiellement les mariages, baptêmes et décès. Ces cérémonies, quand elles ont lieu, regroupent des dizaines de personnes et ce pendant plusieurs jours. Elles ont également augmenté sur la même période (1970 – 2009). 85 % des UPA concernées par cette dépense ont souligné cette augmentation.

2.3.2.5 La capitalisation

Avec la succession des années de sécheresse, les paysans ont appris à « dépenser pour économiser ». Dès que sa situation financière le lui permet, le paysan investi dans le bétail, l'équipement ou dans l'immobilier. Il met ainsi en place une sorte de banque qu'il contrôle à loisir, puisqu'il peut décapitaliser dès qu'une difficulté survient. Ainsi, depuis les années 1990, 92 % des UPA concernées par cette dépense continuent de dépenser pour mieux économiser.

2.3.2.6 Les dépenses civiques

Elles concernent la Taxe de Développement Régional et Local (TDRL), la taxe sur le bétail, la taxe sur les armes à feu et la taxe sur les bicyclettes. Ces quatre taxes ont été définies par la loi N° 06 – 067 / du 29 décembre 2006 portant code général des impôts au Mali. La TDRL est due pour l'année entière par toutes personnes âgées de plus de quatorze ans, résidant au Mali au 1^{er} janvier de l'année d'imposition ou y fixant leur résidence dans le courant de l'année d'imposition. Pour le cercle de Banamba, le taux de la TDRL est fixé à 1650 FCFA.

La taxe sur le bétail frappe les possesseurs de chevaux, chameaux, ânes, bœufs (non compris les bœufs de trait et de labour), moutons et chèvres. La taxe est due pour l'année entière

d'après le nombre d'animaux détenus au 1^{er} janvier de l'année d'imposition. Le tarif de la taxe sur le bétail est fixé comme suit :

Chevaux	: 800 FCFA
Chameaux	: 300 FCFA
Bovins	: 250 FCFA
Ânes	: 100 FCFA
Moutons et chèvres	: 50 FCFA

La taxe sur les armes à feu astreint tout détenteur d'une arme à feu au paiement d'une taxe annuelle. Le tarif de la taxe sur les armes de traite très fréquentes dans le cercle de Banamba est fixé à 625 FCFA. Les armes hors d'usage ne cesseront d'être taxées qu'autant qu'elles auront été remises au bureau de l'administration du sous préfet aux fins de radiation.

La taxe sur les bicyclettes est imposée à tout possesseur de bicyclette avec ou sans moteur amovible, en circulation effective. Le montant de la taxe annuelle est fixé à 1000 FCFA dans toutes les localités du pays, excepté Bamako où il est de 1500 FCFA. Pour neuf UPA sur dix (89,3 %), ces dépenses ont augmenté.

Ainsi, de façon générale, les chefs d'UPA estiment que leurs principales dépenses ont augmenté entre 1970 et 2009. Il reste à déterminer les facteurs qui sont à la base de cette augmentation.

2.3.3 : Les facteurs d'augmentation des dépenses des unités de production

Plusieurs facteurs sont à la base de l'augmentation des dépenses (Figure 36). Ils sont regroupés en trois principales catégories : les facteurs naturels, démographiques et économiques.

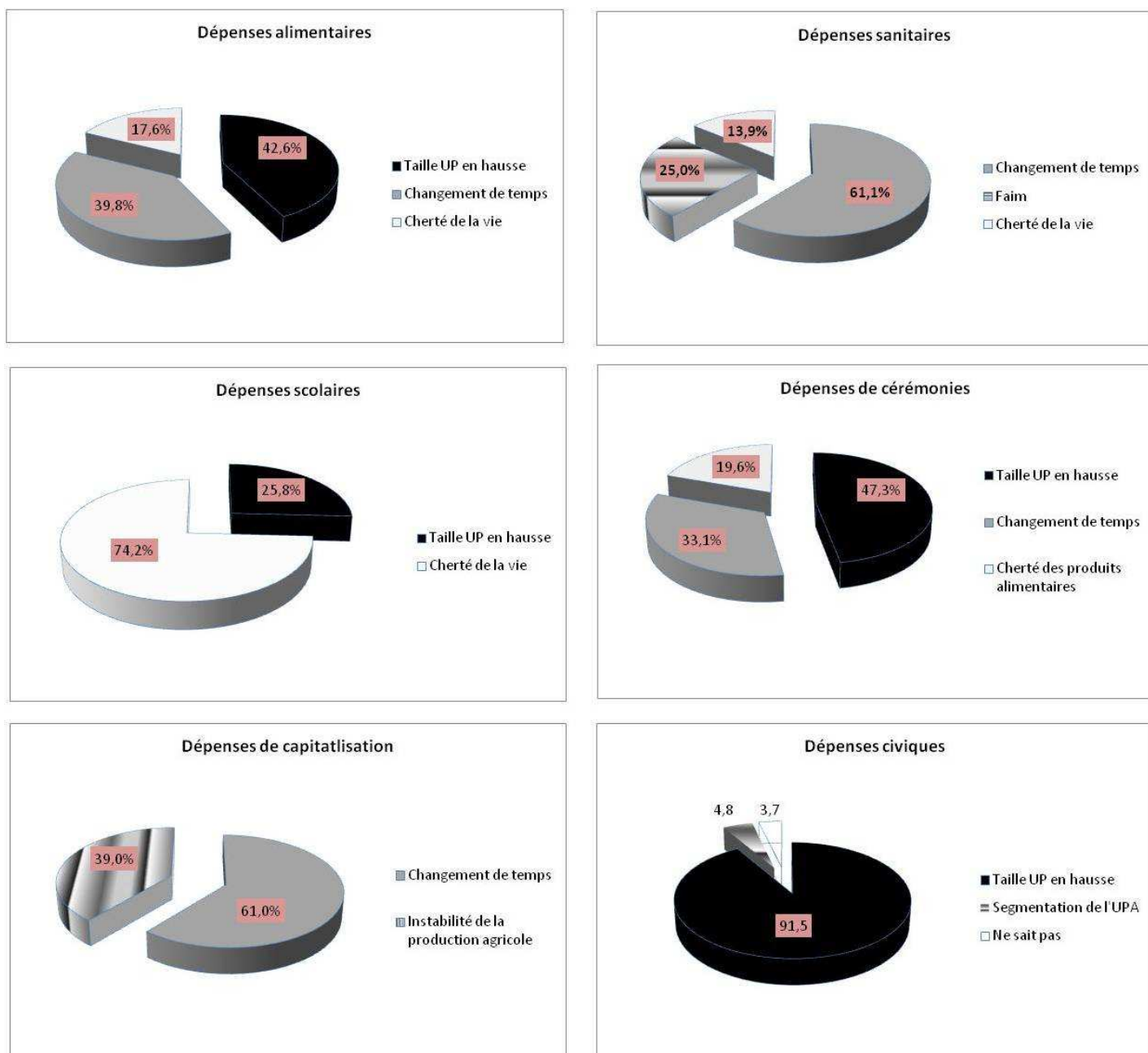


Figure 36 : Motifs avancés par les chefs d'UPA pour expliquer l'accroissement des dépenses entre 1970 et 2009

N'DIAYE B.F., 2011

Pour le paysan de Banamba, le facteur naturel qui explique l'accroissement des dépenses est le changement de temps. « Waati yelemana », « waati te a cogo koro la », « sanji dogoyara », « funteni barka bognana », (littéralement, « le temps a changé », « le temps n'est plus comme avant », « la pluie a diminué », « la chaleur a augmenté », telles sont les commentaires des paysans sur l'évolution du temps (ou pour rester dans leur esprit, le climat). Pour lui, le

changement de temps est un des facteurs principaux des difficultés qu'il traverse depuis 30 à 40 quarante ans. Du fait du changement de temps, les productions ont baissé. Avec la baisse des productions, se développe une chaîne de causalité de plus en plus négative : baisse des revenus, insécurité alimentaire, malnutrition.

La réaction des cultures aux changements climatiques varie beaucoup selon les espèces, les conditions du sol, la gestion des effets directs du CO₂ et d'autres facteurs locaux (GIEC, 2001). Il est établi qu'une élévation des températures même minime entrainerait une diminution des rendements ; ils seraient encore plus durement affectés dans les régions confrontées à une nette baisse des précipitations.

Depuis la publication du deuxième Rapport d'évaluation du GIEC, on en sait plus long au sujet des répercussions des événements météorologiques de courte durée sur la santé. Particulièrement pour ce qui concerne les périodes de contrainte thermique, la modulation des conséquences de la pollution de l'air, les incidences des tempêtes et des inondations et l'influence de la variabilité saisonnière et interannuelle du climat sur les maladies contagieuses. En particulier, on comprend mieux les facteurs déterminants de la vulnérabilité des populations aux incidences nocives ainsi que les possibilités qui s'offrent en matière de réaction d'adaptation.

Il est avéré que beaucoup de maladies contagieuses à transmission vectorielle, d'origine alimentaire ou hydrique sont sensibles aux changements climatiques (GIEC, 1996). D'après les conclusions de la plupart des études fondées sur des modèles de prévision, il ressort avec un *degré de confiance moyen à élevé* que, selon les scénarios du changement climatique, il y aurait un accroissement net de l'aire géographique de transmission potentielle du paludisme et de la dengue (GIEC, 2001). 40 à 50 % de la population mondiale sont actuellement exposés à ces deux maladies, à transmission vectorielle. Dans les limites de leurs aires d'extension actuelles, ces deux maladies et nombre d'autres maladies infectieuses présentent une fréquence et un caractère saisonnier plus marqués. Dans tous les cas, la fréquence effective des maladies est cependant fortement influencée par les conditions environnementales locales, la situation socio-économique et l'infrastructure de santé publique.

Toujours selon les spécialistes du GIEC, la réduction des rendements des cultures et de la production alimentaire due aux changements climatiques prédisposera certaines populations surtout sous les tropiques, à l'insécurité alimentaire et à la malnutrition. Ce qui provoquera des troubles de la croissance chez les enfants et une diminution de l'activité chez les adultes. Des perturbations socio-économiques pourraient se produire dans certaines régions, affectant à la fois les moyens de subsistance et la santé

Comme le dit KNIAJINSKAIA L. (1979), spécialiste des questions alimentaires du tiers monde, la sous alimentation et la malnutrition massive portent aux pays d'Afrique un énorme préjudice en détériorant et détruisant la principale force productive. L'auteur continue pour dire que c'est avant tout la santé des humains qui en souffre, car étant sous alimentés, ils résistent moins aux diverses maladies et connaissent en plus grand nombre une mortalité prématurée.

Selon la classification internationale des maladies et les causes de décès par l'Organisation Mondiale de la Santé, plusieurs dizaines de maladies proviennent de la carence de protéines et de calories. Il faut noter que les formes les plus graves de maladies proviennent de la carence de protéines et de calories ou l'apport calorifique étant faible et insuffisante et ne peuvent pas alimenter ou assurer l'entretien et la croissance des cellules et aussi alimenter les autres organes vitaux. Le kwashiorkor est la forme la plus grave de la carence protéique. Cette dénutrition gravissime entraîne le ralentissement de la croissance, un retard du développement physique et mental, des troubles digestifs, un marasme particulier dans les cas grave.

La faible résistance de l'organisme aux maladies peut être la conséquence la plus grave, puisque la mortalité due aux maladies infectieuses associées au kwashiorkor est de 20 à 50 fois plus forte. Globalement, du 1/4 au 1/3 de la population de l'Afrique souffre des maladies dues à la carence protido-calorifique, et surtout chez les enfants de moins de 5 ans. Mais plus encore, pour plusieurs spécialistes, l'insuffisance de protéine dans les rations alimentaires n'est pas le vrai problème. La sous alimentation et la malnutrition massive peuvent être résolues par l'apport important de calorie dans l'alimentation quotidienne. C'est ce qui fait dire A K. Gopalan, grand spécialiste des problèmes alimentaires, que les manifestations provenant de la sous alimentation sont dues à une insuffisance générale d'aliments et d'énergie (calorie) et non pas à une carence de protéines dans la ration. Les problèmes de la pénurie de protéines

viennent donc en seconde place, l'insuffisance étant en première place. La pénurie d'aliments a pour conséquence une grande diffusion des différentes formes d'anémies parmi les populations africaines surtout chez les femmes enceintes et allaitantes. De nombreuses proportions de cas de décès en couches sont dues à l'anémie d'origine alimentaire. Les maladies dues à l'avitaminose (scorbut, béribéri, pellagre, rachitisme et autres) sont préjudiciables pour la santé. Elles sont causes de nombreux décès en Afrique où sévissent la malnutrition et la sous alimentation.

Pour faire face à cette situation, les populations investissent davantage dans la santé, d'où cette tendance à l'augmentation des dépenses déclarée par les paysans de Banamba. En 2006, Les dépenses moyennes de santé des ménages de la région de Koulikoro ont été estimées à 17 786 FCFA soit plus que la moyenne nationale qui est de 15 249 FCFA (EDSM, 2006).

Un autre motif d'augmentation des dépenses des UPA cité par les populations est l'agrandissement de la taille des UPA. Le déterminisme démographique en ce qui concerne le problème alimentaire n'est pas une croyance nouvelle. Déjà vers la fin du XVIII^{ème} siècle et le début du XIX^{ème} siècle, l'économiste britannique Thomas Malthus (1766-1834), observant la misère de l'Angleterre de son siècle, pense en découvrir la cause dans le décalage existant entre les subsistances permettant de nourrir la population et la croissance de cette même population. Il en déduit que le pouvoir multiplicateur de la population est nécessairement supérieur à la croissance des subsistances ; plus précisément, alors que le premier croît de façon géométrique (selon une suite 1-2-4-8-16), le second ne progresse qu'arithmétiquement (1-2-3-4-5). De cet écart entre « puissance prolifique » et puissance économique naissent les maux qui sont ceux de son temps : malnutrition, misère et forte mortalité, notamment infantile.

De nos jours encore, plusieurs économistes et démographes de la FAO s'accordent pour dire que malgré certaines insuffisances, le principe de la théorie de Malthus est plus justifié aujourd'hui que du temps de Malthus, car la pression de la population sur les ressources est plus réelle que jamais. En effet, l'économie domestique basée sur des cultures vivrières concordait avec une faible croissance démographique (PICOUËT M., 2001). A Banamba comme dans la plupart des pays sahéliens, l'accroissement démographique rapide fait qu'il est extrêmement ardu de réaliser la sécurité alimentaire.

L'analyse des données recueillies auprès des services techniques de Banamba montre que la sécurité alimentaire s'est détériorée au cours des trois dernières décennies. La raison en étant que la production alimentaire n'a pas suivi l'accroissement démographique. Les rendements agricoles diminuent notamment pour les céréales de base (mil / sorgho). Ils présentent en plus de grandes variations d'une année à l'autre (Figures 37 et 38).

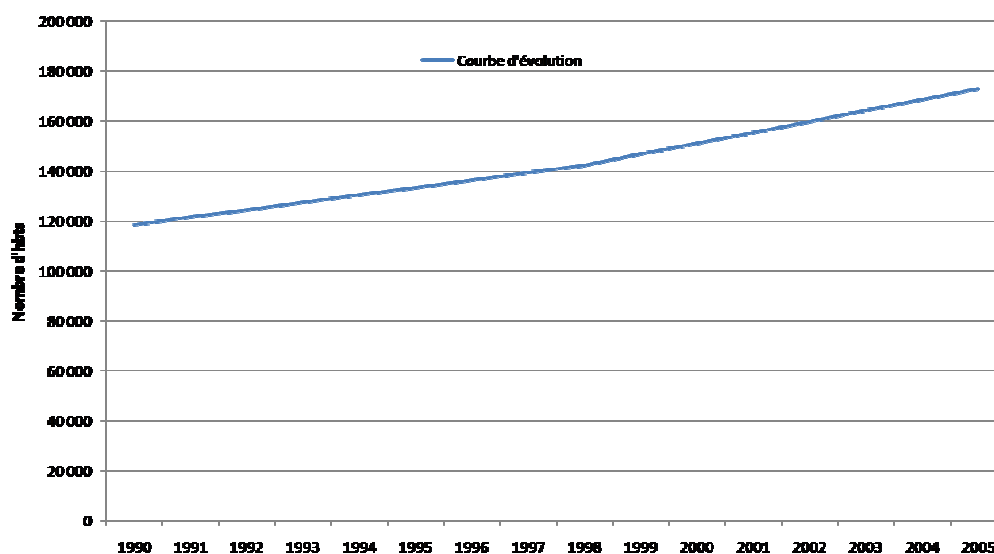


Figure 37 : Évolution de la population entre 1990 et 2005

N'DIAYE B. F., 2011

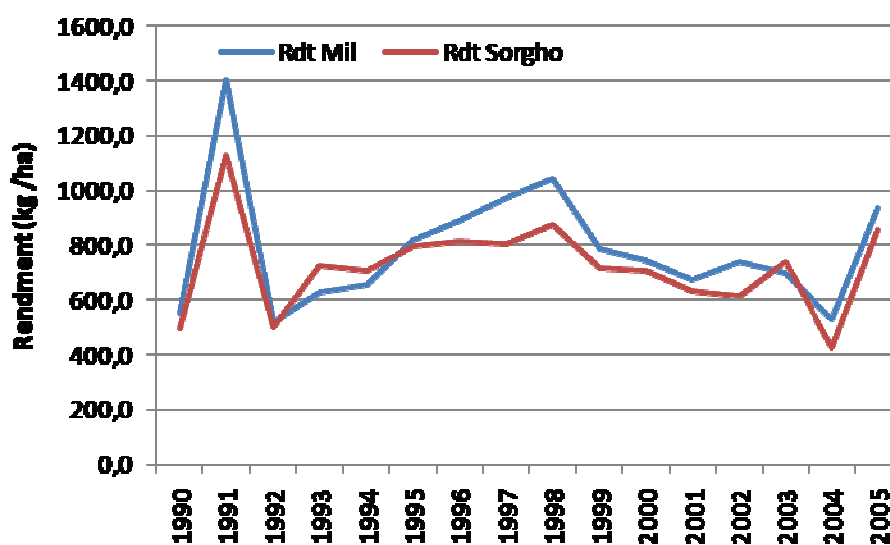


Figure 38 : Évolution des rendements entre 1990 et 2005

N'DIAYE B. F., 2011

Enfin, le rythme de croissance démographique qui se fait sans répit pèse drastiquement aussi bien sur la demande d'aliments que sur la production des denrées alimentaires. L'offre devient inférieure à la demande se traduisant par l'augmentation des prix. En rapport plus direct avec la sécurité alimentaire, l'accroissement du niveau général des prix est plus étroitement lié à celui des prix du groupe de produits de l'alimentation qui, en milieu rural et avec des ménages à faible revenu, occupe une part moyenne dominante du budget des ménages. Un de ses effets secondaires immédiats est une flambée exceptionnelle des prix, qui peut provoquer l'inflation. Dans ce cas, le pouvoir d'achat baisse et il devient difficile pour les citoyens ordinaires de joindre les deux bouts.

Pour mieux évaluer les impacts de la dévaluation du franc CFA sur l'agriculture, les échanges et la sécurité alimentaires au Sahel, l'Institut du Sahel a mis en œuvre un programme intitulé Programme régional de renforcement institutionnel en matière de recherches sur la sécurité alimentaire au Sahel (PRISAS) en octobre 1994. Les effets du changement de parité du Franc CFA sur le niveau général des prix se sont fait sentir immédiatement après la dévaluation du franc CFA, intervenue en 1994. Ces effets sont dans l'ensemble restés relativement modérés au cours des deux mois suivant la dévaluation, en partie à cause des tentatives de blocage par les gouvernements des prix de certains produits de première nécessité, mais aussi et surtout à cause d'une certaine pression résiduelle des stocks de marchandises constituées par anticipation par les commerçants les plus importants.

Nonobstant ces réserves, la dévaluation a causé cinq mois après son avènement et dans tous les pays directement concernés une augmentation de plus de 25 % du niveau général des prix. Au Mali, l'augmentation est de 29 %. Le programme a mis en évidence une tendance modeste mais nette à l'augmentation continue du niveau général des prix dans le temps au Mali (Tableau 21). En effet, de février à juin 1994, chaque mois en 1994 voit le taux d'augmentation de l'indice général des prix par rapport à la même période en 1993 dépasser de 1 % à 3 % celui du mois précédent. Le programme vient à la conclusion qu'il y a donc une tendance à l'inflation au vrai sens puisqu'en tenant implicitement compte des effets de saisonnalités (comparaison des indices par paire de mois), le taux d'augmentation de l'ensemble des prix en 1994 par rapport à 1993 passe graduellement de 16,8 % en février à 24 % en juin.

Tableau 21 : Variations des Indices de Prix mensuels 1994 sur 1993 (pourcentage)

Groupes	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Alimentation	11,2	19,6	19,7	23,7	21,4	23,8
Habillement	5,2	10,3	9,6	13,2	16	24,3
Logement, Energie, Eau, Combustible	4,4	-0,1	9,7	10,2	8,8	3,6
Meubles et articles Ménagers	7,1	11,5	12,5	13	21,6	22
Dépenses de santé	10	16	23,9	22,4	28,2	37,7
Transport et Communication	5,9	26,9	25,7	22,4	37,1	38,1
Loisirs, Spectacles	1,3	6,4	6,4	7,1	17,1	20
Autres Biens et Services	16,2	19,2	19,6	21,3	23,5	29,5
Ensemble	8,7	16,8	17,7	20,8	21,7	24

Source : Bulletins mensuels de prix, DNSI 1994

Cette tendance inflationniste a été observée pour tous les grands groupes de biens et services. Le groupe des biens et services de santé et celui des transports et communications ont subi le plus durement l'impact de la dévaluation en voyant leurs niveaux de prix en juin 1994 augmenter de 38 % par rapport au même mois en 1993. Ces deux catégories vitales pour la sécurité alimentaire aussi bien en termes physiques et économiques qu'en termes qualitatifs (nutrition) sont d'autant plus affectées négativement qu'elles font appel à une proportion élevée de produits importés.

Au terme de cette analyse, on s'aperçoit que les sociétés rurales restent très attachées à leur milieu naturel. La forte croissance de la population au cours des trente dernières années s'est naturellement accompagnée d'une multiplication des besoins et concomitamment d'une baisse des revenus. Pour faire face aux multiples besoins, les UPA diversifient leurs systèmes d'activités et leurs sources de revenus. Cependant, cette diversification n'est pas synonyme d'une amélioration déterminante des revenus. Pour une grande majorité d'UPA, elle n'est pas suffisante pour engendrer un processus vertueux d'accumulation et apparaît davantage comme un moyen de survie et/ou d'adaptation à la faiblesse des revenus agricoles. L'adoption de l'économie monétaire a des effets sur les structures sociales de production (segmentation des UPA, monétarisation de la terre, vente de main d'œuvre, etc.). Ces modifications des bases traditionnelles des unités de production, préfigurent *in fine*, l'importance croissante que va prendre les ressources naturelles renouvelables. De simple support collectif de production, les ressources naturelles (particulièrement la terre et le bois) sont en passe de devenir des moyens de production au sens économique du terme. Leur appropriation progressive sera le départ

d'une transformation rapide des modes autochtones de production, et par conséquent, celle des paysages agraires, aussi bien au sud comme au nord de la zone étudiée.

Les dynamiques ci-dessus évoquées ont des facteurs internes et externes. Les facteurs internes ont déjà été abordés au chapitre précédent. Il s'agit entre autre de la forte croissance démographique, de la baisse des revenus, de la multiplication des dépenses et de la cherté de la vie. En ce qui concerne les facteurs externes, le climat est certainement le plus déterminant aussi nous paraît-il judicieux de l'étudier pour mieux comprendre son évolution, mais aussi ses implications sur les UPA. La partie qui suit y est consacrée.

Chapitre 3 : Les perceptions des populations et les données scientifiques sur le climat et son évolution dans le cercle de Banamba

Pour des sociétés foncièrement agricoles, les manifestations climatiques comme la sécheresse, les pluies excessives, les inondations constituent un risque pour la production agricole. A travers une étude sur le comportement des cultures soumises à des conditions d'alimentation hydrique variées et contrôlées, SARR B. et al. (2001) affirment que la sécheresse constitue un frein à l'amélioration de la production agricole dans les zones sèches. En abondant dans le même sens, SALOUA B. et al, soutenaient déjà en 1998 que parmi les causes majeures qui limitent les niveaux de rendement, il faut citer l'effet important des facteurs climatiques sur la production et que le climat est sans doute le déterminant le plus important sur la production.

Ainsi, gérer l'impact négatif du climat a ainsi toujours été un impératif pour les sociétés traditionnelles africaines. C'est pourquoi l'agriculture ainsi que le climat ont toujours été sérieusement empreintes des valeurs traditionnelles. En effet, les savoirs populaires constituent des stocks de connaissances pragmatiques, opérationnelles pour les producteurs ruraux. Et comme souligné plus haut, il n'existe aucun domaine de développement où les populations ne possèdent déjà un savoir populaire en place, qui règle les pratiques concernées.

L'ethno-climatologie est la science qui étudie un groupe ethnique ou social et son environnement naturel. Sa vocation première est de recueillir les savoirs populaires endogènes des paysannes en climatologie. Il s'agit de la connaissance des phénomènes climatiques selon les traditions, coutumes ancestrales d'une ethnie. Son objet est la perception du climat sur des bases traditionnelles (AAWI P., 2010).

Il convient donc d'appréhender les visions que les paysans ont des évolutions récentes des conditions climatiques, d'autant plus que de ces perceptions découlent les pratiques ou les systèmes de culture et les stratégies de production (JOUVE P., 2004 ; BROU T.Y et CHALEARD J.-L., 2007).

Dans un premier temps, il s'agit surtout, de mettre en exergue des phénomènes déterminants pour les paysans en matière de prévision et d'analyse climatique au niveau local et, dans un

second temps de confronter ces réalités locales basées sur les perceptions aux données météorologiques.

3.1 Les phénomènes naturels, base de la conception locale du climat par les populations du cercle de Banamba

Deux faits importants ont marqué l'histoire du Mali. Il s'agit de la pénétration de l'islam à partir du XI^e siècle et de l'irruption de la colonisation française en Afrique et qui prit corps et âme dans l'actuelle aire géographique du Mali à partir de 1857. Ces deux événements qui sont d'une importance capitale dans l'histoire du peuplement du Mali, ont fortement désorienté les structures sociales préexistantes, notamment en matière de pratiques religieuses. Il ressort du RGPH de 2009 que les personnes recensées appartiennent majoritairement à la religion musulmane (94,8 %). Les chrétiens (2,4 %) et les animistes sont très faiblement représentés (2,02 %). Il en résulte une forte prédominance de l'islam dans la conception des populations sur le climat.

3.1.1 : Une conception islamisée du climat

A l'instar du pays, le cercle de Banamba est fortement islamisé. Sur les 202 villages administratifs, il n'en existe aucun qui ne dispose d'au moins une mosquée. Ainsi, contrairement à plusieurs sociétés traditionnelles africaines, où les faits climatiques et agricoles sont soumis à des rituels dirigés par le grand prêtre et adressés aux multiples esprits, le paysan de Banamba est formaté aux croyances islamiques.

Dans la société traditionnelle africaine, pour obtenir certaines faveurs (pluie, bonne production agricole, bonne santé, fécondité, etc.), on se rend en brousse pour exécuter des rituelles aux ancêtres, aux divinités car comme l'a si bien dit le poète DIOP B. (1961) :

Ceux qui sont morts ne sont jamais partis :

Ils sont dans le Sein de la Femme,

Ils sont dans l'Enfant qui vagit

Et dans le Tison qui s'enflamme.

Les Morts ne sont pas sous la Terre :

Ils sont dans le Feu qui s'éteint,

Ils sont dans les Herbes qui pleurent,

Ils sont dans le Rocher qui geint,

*Ils sont dans la Forêt, ils sont dans la Demeure,
Les Morts ne sont pas morts.*

La diffusion des fondamentalismes religieux (chrétiens et islamistes) constitue une sorte de « bifurcation » en cela qu'ils remettent en cause la plupart de ces croyances. C'est particulièrement vrai en ce qui concerne les communautés villageoises de Banamba connues au Mali pour leur plus grande ferveur religieuse, une meilleure connaissance et observance des règles de l'islam dans la vie personnelle et familiale, dans la mise sur pied de structures communautaires proprement islamiques et la lente purification de l'islam traditionnel. Cet islam taxé « d'ignorant et de syncrétiste ». L'islam doit s'imposer à la société dans tous ses aspects : économiques, culturels, politiques et juridiques. « *Il faut devenir meilleurs musulmans pour que les choses aillent mieux !* » les prédications dans les mosquées ou les émissions dans les médias tournent en permanence autour de ce thème en expliquant dans le détail ce qui est la véritable pratique musulmane et ce qui ne l'est pas. Aujourd'hui, sous l'invasion de l'islam, les pratiques culturelles ont littéralement perdu leur sens.

Jadis, pour faire exécuter un sacrifice destiné à un esprit quelconque, il faut nécessairement égorger un animal (un bouc noir, un coq rouge ou un bœuf) sur l'autel ou en brousse pour que son sang soit versé et honorer ainsi la demande des génies. Le sacrifice est fait en prononçant le nom du génie auquel il est destiné et le fait de prononcer un autre nom rend le sacrifice nul et non avenu. Alors qu'il est blasphématoire, au regard de l'islam, de verser du sang sans prononcer le nom de Dieu. Et aucun autre nom ne doit être prononcé.

Dès lors, à l'approche de l'hivernage, aucun esprit protecteur n'est consulté ; le matin, le paysan muni de sa daba se rend au champ sans autre forme de procès. Par ailleurs, personne ne cherche à savoir si les sacrifices sont faits ou non. Tout au plus en cas de sécheresse, des prières collectives sont dites à la mosquée.

Toutefois, si les adorations multiples telles qu'elles étaient pratiquées dans la société traditionnelle africaine sont proscrites, force est de reconnaître que certaines connaissances issues d'observations séculaires et transmises de génération en génération sont toujours utilisées par les paysans et leur permettent d'appréhender le climat. Comme l'affirme Durkheim, « *l'esprit humain n'a pas besoin d'une culture proprement scientifique pour*

remarquer qu'il existe entre les faits des séquences déterminées, un ordre constant de succession et pour observer d'autre part, que cet ordre est souvent troublé » (DURKHEIM E., 1937 cité par CAZANEUVE, 1958 et repris par AAWI P., 2010).

Dans cette optique, nous éviterons de parler ici des prévisions de type magico-religieux, très difficiles à cerner parce qu'elles sont détenues par des personnes précises qui se distinguent des autres de part leur contribution plus active dans la production, la conservation ou la diffusion des savoirs et sur lesquelles nous n'avons aucune information. Nous évoquons plutôt celles qui font intervenir le comportement de certains phénomènes naturels observés dans le ciel, au niveau des plantes et des animaux. Même s'il est difficile de faire la part de ce qui revient aux observations et aux croyances dans ce genre de prédiction, on est d'accord avec Chastanet, qu'elles s'appuient sur une certaine connaissance du monde animal et végétal et des phénomènes climatiques. De plus, elles n'établissent pas un simple lien analogique entre ces deux domaines puisque, selon les cas, l'abondance de tel ou tel fruit ou poisson peut constituer un signe météorologique favorable ou défavorable (CHASTANET M., 1993)

3.1.2 : Des savoirs locaux encore déterminants dans la prévision du temps

Les savoirs locaux s'expriment autour de l'interprétation des signes observés dans le ciel (nuages, arc-en-ciel, etc.), les arbres et herbes, les animaux, les vents, etc. Ces signes annoncent les saisons et leur qualité. Ils permettent aux paysans de Banamba de prévoir le temps, qui peut être pluvieux ou sec, de se prononcer sur le début ou la fin de l'hivernage.

3.1.2.1 Les cumulo-nimbus, un moyen de prévision de la pluie

Le paysan se réfère très souvent à l'état du ciel pour prévoir les pluies. Cet état se caractérise en cas de l'arrivée imminente des pluies, par la présence d'une catégorie de nuage, de couleur noire. Le paysan bamanan de Banamba dira que « *san fina* », littéralement « le ciel s'est noirci ». La même expression est reprise par le soninké de la zone Ainsi le paysan reconnaît très bien les pluies torrentielles provoquées par les nuages noirs de type cumulo-nimbus. La présence de ces nuages dans le ciel ne fait plus planer de doute quant à la tombée de la pluie dont on prévoit même la quantité qui sera exprimée sous la forme de dégâts causés. Une fois que les cumulo-nimbus sont observés dans le ciel, le paysan prend ses préoccupations selon le lieu où il se trouve dans le but de se mettre à l'abri des dégâts

importants qui vont suivre. La crainte des méfaits est accentuée par les éclairs, décharges électriques entre le nuage et le sol ou entre les nuages eux-mêmes.

Cette manière de prévoir la pluie localement à partir des nuages sombres n'est nullement en contradiction avec les conclusions scientifiques. En effet, les nuages de type cumulo-nimbus qui sont des nuages à grand développement vertical haut de 500 à 6000 mètres engendrent des pluies d'une intensité variable pouvant aller jusqu'aux pluies torrentielles mais suivant un mécanisme bien déterminé (AAWI P., 2010 op cit). En effet, il est reconnu en climatologie que les aspects du nuage renseignent sur l'eau qui s'y trouve. L'aspect d'un nuage est caractérisé par sa forme, sa texture, sa transparence, son opacité et ses couleurs qui varient en fonction des constituants et des conditions atmosphériques. On compte dix groupes principaux de nuages, appelés "genres" (Encadré 6)

Encadré 6 : Typologies des nuages.

Les nuages les plus élevés, qui occupent l'étage supérieur de la troposphère entre 6000 à 13000 m d'altitude. Ils sont constitués de millions de minuscules cristaux de glace (préfixe: Cirr ou Cirro) et comprennent les genres **Cirrus**, **Cirrocumulus** et **Cirrostratus**. Leur température est inférieure à - 40°C. Ils sont transparents et à travers eux le soleil perce et les objets au sol gardent leur ombre.

Ceux de l'étage moyen (préfixe: Alto), généralement constitués de gouttelettes d'eau, parfois de cristaux de glace, comprennent les **Altostratus** et **Altostratus**, et le **Nimbostratus**. Compris entre 2000 à 6000 m d'altitude, l'Altostratus peut pénétrer dans l'étage supérieur; le Nimbostratus déborde généralement dans les étages supérieur et inférieur. Ils recouvrent de très grandes surfaces, parfois des centaines de kilomètres carrés. Même s'ils ne donnent que de faibles précipitations, les altostratus indiquent souvent l'arrivée de la pluie.

A l'étage inférieur, on trouve les genres **Stratocumulus** et **Stratus**, nuages bas 300 à 2500 m d'altitude. Ils sont généralement composés de gouttes d'eau liquide et correspondent à un temps couvert, sans précipitations.

Deux genres, enfin, les **Cumulus** et **Cumulonimbus**, nuages d'instabilité, qui ont généralement leur base dans l'étage inférieur, peuvent s'étendre à travers les deux autres étages comme en témoigne souvent leur important développement vertical entre 200 à 17 000 m d'altitude. Ils sont porteurs d'orages, d'averses, de grêle... Ils peuvent déclencher des intempéries très violentes

Source : www.notre-planete.info

L'état du ciel dépend en effet de sa nébulosité c'est-à-dire de sa portion couverte par les nuages. L'air possède sa propre énergie cinétique qui lui est conférée par la gravité et dépend donc de la pression. La règle physique est double. L'air soumis à un mouvement ascendant voit sa pression diminuer ; il se détend et se refroidit. Au contraire l'air subsidie se comprime et s'échauffe. Ce mécanisme est à la base des pluies de convection. Dans un premier temps, le nuage de type cumulo-nimbus présente de violents courants ascendants empêchant la pluie de tomber. Les gouttes sont chargées positivement dans cette partie. Elles sont d'ailleurs à l'origine des décharges électriques qui se produisent entre le nuage et le sol.

Cette portion du cumulo-nimbus précurseur est le signe annonciateur d'une pluie torrentielle, orageuse. Dans un second temps, la pluie tombe en entraînant la charge positive laissant le nuage chargé négativement. Les premières pluies qui arrivent sont torrentielles, suivent les fortes pluies et enfin les pluies de faibles intensité. Le cumulo-nimbus se manifeste par deux types d'éclair : d'un côté, éclairs entre la charge positive et le sol et éclairs entre les charges positives et négatives du nuage de l'autre côté.

3.1.2.2 La position des cumulo-nimbus dans le ciel

En plus de la présence de cumulo-nimbus dans le ciel, le paysan prête attention à leur position dans le ciel. Selon son expérience, la position des nuages est déterminante dans l'arrivée de la pluie. Il sait le côté vers lequel doivent se situer les nuages avant que la pluie ne tombe. Dans tous les villages de Banamba, pendant la saison pluvieuse, lorsque le « ciel se noircit » (présence de cumulo-nimbus) vers l'Est, il y a de très fortes probabilités qu'il pleuve dans les instants qui suivent. Par contre la présence des nuages du côté sud-ouest ne permet pas d'affirmer qu'il va pleuvoir.

3.1.2.3 L'arc-en-ciel « décaleur » de pluie

A l'instar des cumulo-nimbus, l'arc-en-ciel est également utilisé dans la détermination des moments de pluie. Seulement, contrairement aux nuages à grands développement vertical de types cumulo-nimbus et de la chaleur suite à une forte insolation qui constituent des signes précurseurs de la pluie le plus souvent pendant le jour, le cas de l'arc-en-ciel est propre aux pluies qui tombent la nuit. C'est sa présence ou son absence qui permet de dire s'il va pleuvoir ou non pendant la nuit. Même en cas de présence de cumulo-nimbus, la pluie se verra bloquée si l'arc-en-ciel apparaît soudainement dans le ciel. Le paysan de Banamba à l'instar de son homologue *Kabiye* du Togo dira que l'arc-en-ciel à empêcher la pluie de tomber sur la terre. C'est un signe quasi certain qu'il ne pleuvra pas quelles que soient les conditions météorologiques du moment favorable à la tombée de la pluie. La durée de cette absence de pluie correspond à celle de la présence de l'arc-en-ciel. Aussi longtemps qu'il dure, persiste dans le ciel, la pluie ne tombera pas. Sa brusque disparition entraîne la tombée de la pluie si les conditions le permettent.

3.1.2.4 Des espèces végétales et animales qui annoncent le début ou la fin des pluies

L'assèchement du feuillage d'*Acacia albida* (arbre fourrager dont ses fruits et ses feuilles sont surtout consommés par les petits ruminants qui vivent à proximité) annonce la saison des pluies. Par ailleurs, les feuilles de *Bauhinia reticulata*, apparaissent également au début de l'hivernage (Mai - juin). Lorsque les feuilles de *Faidherbia albida*, sont tombées les pluies vont arriver.

Certains comportements des animaux et des oiseaux annoncent la saison d'hivernage. L'apparition d'un oiseau appelé « *soukoudiambé* » (en soninké) et les cris de crapauds annoncent l'arrivée de la mousson dans les deux semaines qui suivent. Les paysans évoquent, les cris d'un oiseau, considéré comme très intelligent, annonçant l'arrivée des pluies. Ils disent de lui qu'il parle plusieurs langues. Il crie une fois au mois de février, deux fois au mois de mars et vers la fin du mois de mars il crie de nombreuses fois et la pluie arrive au bout de quelques jours après.

Ces comportements des animaux et des oiseaux permettent quelque fois aux acteurs de mesurer des changements. En ironisant certains hommes âgés racontent qu'autrefois il n'y avait pas plus de 10 jours qui s'écoulaient entre la multiplication des cris de cet oiseau et l'arrivée des premières pluies, mais qu'aujourd'hui l'oiseau peut crier un certain nombre de fois et pour autant la pluie tarde à venir. Ils parlent désormais d'un écart d'au moins 20 jours. Ils signalent ainsi que la saison des pluies commence plus tardivement.

Pour l'observation du climat, le paysan use de méthodes pragmatiques issues de plusieurs années d'observations. Ces perceptions sont faites chaque année en début et pendant la saison pluvieuse. Ces observations, d'un côté, l'obligent à prendre des décisions en réponse aux évolutions météorologiques à court terme (accidents météorologiques) comme à plus long terme (tendances climatiques). Percevoir, c'est décider. Percevoir, c'est, face à la masse d'informations disponibles, choisir celles qui sont pertinentes par rapport à l'action envisagée. Ce n'est pas seulement combiner et pondérer, c'est aussi et surtout sélectionner, c'est choisir entre des formes rivales, c'est trancher dans des conflits sensoriels (ATTANE A. et al. 2013). Le paysan est dans un processus permanent d'observance des faits climatiques. Il arrive ainsi à prévoir s'il va pleuvoir ou non dans les instants qui vont suivre, à savoir les débuts et fins

des pluies, à mieux cerner les tendances longues du climat local (diminution des pluies, de la saison pluvieuse, etc.) toutes choses qui lui permettent de se préparer en conséquence et à s'adapter.

3.2 Les perceptions des populations du cercle de Banamba sur les facteurs climatiques : pluie, température et vent

La perception des changements des facteurs climatiques sur le long terme s'exprime généralement à partir de marqueurs forts observables au niveau de l'évolution du climat. Dans un premier temps, il s'agit d'analyser les perceptions des paysans sur un certain nombre de paramètres climatiques notamment la pluviométrie, la température et les vents. A cet effet, il a été demandé aux paysans enquêtés de donner leurs appréciations de l'évolution de ces paramètres dans le temps. Ils se sont exprimés dans les termes suivants : augmentée, stable, diminuée. Ce sont ces perceptions qui sont confrontées aux données météorologiques, dans un second temps.

3.2.1 : Les perceptions des populations du cercle de Banamba sur la pluviométrie et la saison pluvieuse entre 1960 et 2009

3.2.1.1 Une pluviométrie en baisse et mal répartie depuis 1970 selon les paysans

Dans le cercle de Banamba, 408 des 460 chef d'UPA enquêtés (soit 89 %) pensent que les quantités précipitées ont diminué entre 1960 et 2009. Pour 66 des 460 chefs d'UPA enquêtés (14 %), cette diminution aurait commencé au cours des années 1970 et 2000. Une grande majorité (191 personnes, soit 47 %) la situe au cours des années 1980. Elle a été constatée au cours de la période 1990-1999 par 84 personnes (Figure 39).

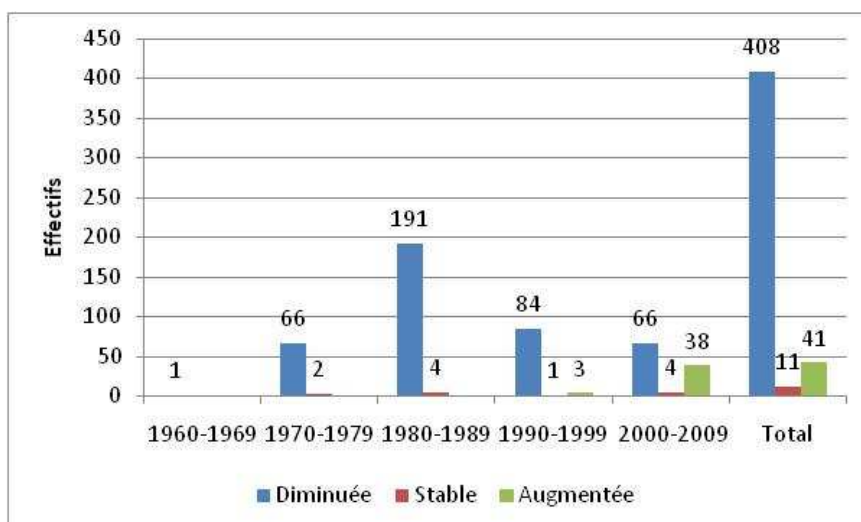


Figure 39 : Perception des paysans sur l'évolution des quantités de pluie tombées entre 1960 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

En plus d'avoir connu une diminution, les quantités précipitées connaissent une mauvaise répartition dans l'espace et dans le temps. Cette mauvaise répartition est soutenue par 428 des 460 chefs d'UPA enquêtés, soit 93 % (Figure 40).

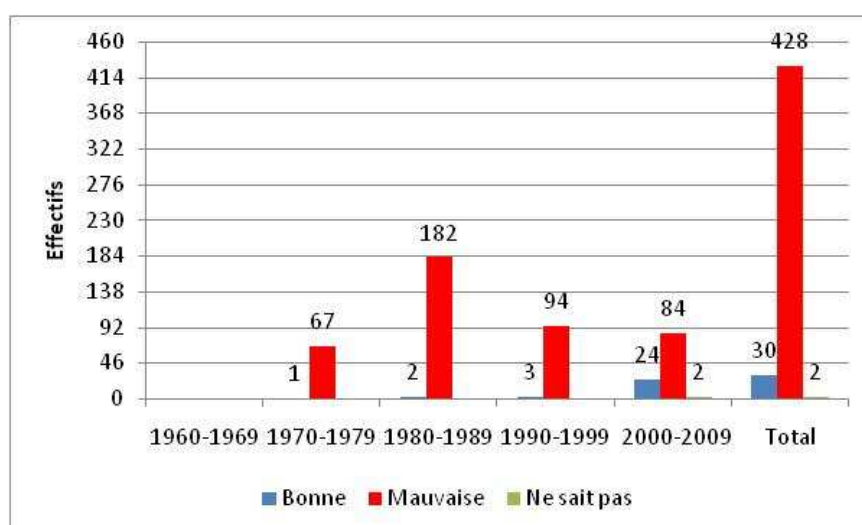


Figure 40 : Perception des paysans sur l'évolution de la répartition dans le temps des quantités de pluie tombées entre 1960 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

Les modifications intervenues dans les quantités précipitées et leur répartition dans le temps et dans l'espace ressortent clairement dans le discours du vieux F.S (63 ans) du village de Fanalé :

« Il ya une grande différence si l'on compare la pluviométrie d'avant à celle de nos jours. Ceci est un fait, il ne pleut plus comme avant. De nos jours, quand il pleut suffisamment une année, l'année qui suit, tout le monde dira – an ya to Ala ma – (que dieu nous en garde), tout le monde s'inquiète. Souvent il pleut au village, tu te rends au champ pour y travailler, tu trouves qu'il n'a pas plu comme au village et souvent qu'il n'a pas plu du tout. »

3.2.1.2 L'évolution de la pluie moyenne depuis 1951 selon les données issues des stations météorologiques

Pour mieux évaluer les variations de la pluviométrie annuelle, nous utilisons l'indice pluviométrique (IP) défini par NICHOLSON S.E et al. (1988). Celui-ci représente une variable centrée réduite (LAMB P.J., 1982), calculée sur les hauteurs pluviométriques annuelles (Paturel et al. 1995). Il s'exprime par :

$$Ip = \left[\frac{Xi - \bar{X}}{\sigma} \right]$$

Ip : Indice pluviométrique

Xi : Hauteur de pluie de l'année i (en mm),

X : Hauteur de pluie moyenne sur la période d'étude (en mm),

s : Écart type de la hauteur de pluie sur la période d'étude.

Les hauteurs annuelles sont illustrées sur le graphique de la figure 41. Elles varient entre 409 mm et 1173 mm. La variance de la série des moyennes annuelles est un colossal 28431,6. Ce qui signifie que la variabilité interannuelle est extrêmement importante. En plus, on constate visuellement que la pluviométrie annuelle évolue à la baisse au cours de la période étudiée.

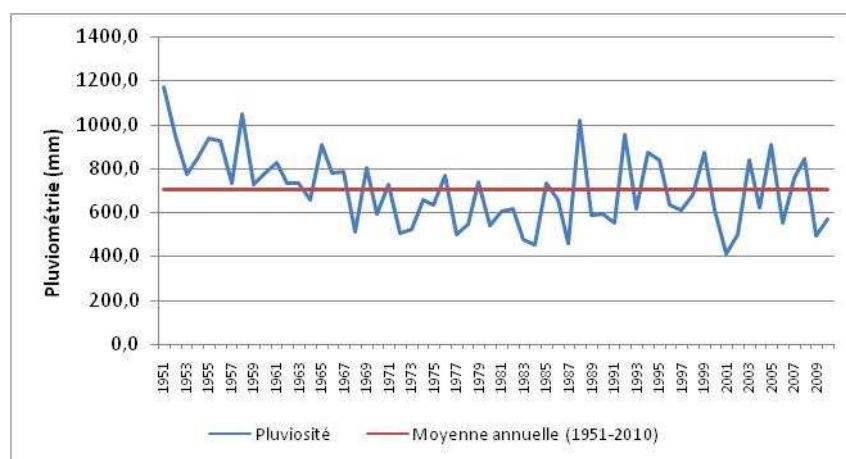


Figure 41 : Évolution de la pluviométrie annuelle, valeurs brutes (1951-2010)

N'DIAYE B. F., 2011

L'emploi des moyennes mobiles lissées sur cinq ans (Figure 42) met en évidence la tendance générale. Les valeurs en ordonnées sont les écarts d'anomalies²³ de la pluviométrie en millimètre par rapport à la moyenne. Concrètement, cette série se compose d'une première partie où les anomalies sont majoritairement positives et d'une seconde partie où elles sont majoritairement négatives. De plus, ces anomalies paraissent rester stables dans le temps. Cela traduit une certaine tendance dans les anomalies constatées.

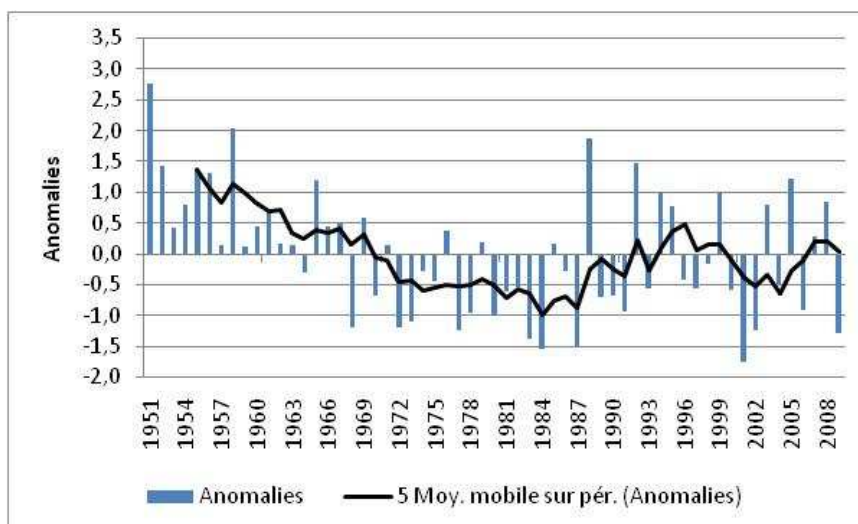


Figure 42 : Anomalies des moyennes pluviométriques annuelles calculées à partir de l'indice pluviométrique de Nicholson

N'DIAYE B. F., 2011

²³ Ce terme est utilisé dans ce document en référence à une anomalie statistique sur la période historique instrumentale, c'est-à-dire généralement, par rapport à la moyenne et à l'écart-type calculés sur la période 1951-2010. En conséquence, un épisode climatique jugé « anormal » n'a de sens ici qu'en relation avec cette période référentielle.

La forte variabilité est mise en évidence par la figure 40 qui montre les anomalies des cumuls annuels moyens de pluies sur Banamba. Ces anomalies sont calculées à partir des moyennes annuelles de la période 1951-2010. Elles ne changent pas de signe d'une année sur l'autre. Le nombre d'années successives pour la première partie où les anomalies sont majoritairement positives est de 13 ans. Pour la deuxième il y a moins de continuité dans les anomalies qui sont toutefois majoritairement négatives. Sur 43 années, seulement 8 années présentent des anomalies réellement positives. Il s'agit entre autre des années 1988, 1992, 1994 et 1995. Ce qui appuie l'idée qu'il y a une tendance significative de l'évolution des précipitations dans le cercle de Banamba. Sur cette période, la tendance est la suivante (Figure 41):

- après la période humide de 1951 à 1960, nous observons une diminution de la pluviométrie pendant la décade 1961-1970, qui marque le début des anomalies négatives (fin de la décennie) ;
- les décades 1971-1980 et 1981-1990 sont caractérisées par un fort déficit hydrique. Elles présentent des épisodes de sécheresse très accentués en 1972-1973, 1977-1978, 1983-1984 et 1987 coïncidant avec ceux observés en Afrique de l'Ouest par NICHOLSON S.E (1983), SERVAT E. (1984), PATUREL J.E. et al (1995) ;
- la décade 1991-2000 commence par une légère reprise de la pluviométrie, accompagnée vers la fin de la décennie par des épisodes de sécheresse en 2000 ;
- La décade 2001-2010 est caractérisée par un déficit hydrique même si les années 2003, 2005, 2007 et 2008 présentent des anomalies positives et semblent annoncer une reprise de période pluvieuse. En plus la moyenne décadaire reste inférieure à celle de la période 1951-2010.

L'étude de la variation pluviométrique pendant les six dernières décennies illustre la grande baisse qui a affecté les quantités précipitées. En effet, l'écart entre la pluviométrie de référence considérée (703 mm, représentée par le trait rouge sur la figure 43) n'a cessé d'augmenter. Ainsi, la pluviométrie est passée de 1173 mm en 1951 à 499 mm en 2002, soit une baisse pluviométrique de 57,5 % en 50 années. Les conséquences de cette baisse sont entre autres la baisse des ressources en eaux de surface et souterraine, la baisse du couvert végétale, etc. seule la décennie 1951-1960 est excédentaire.

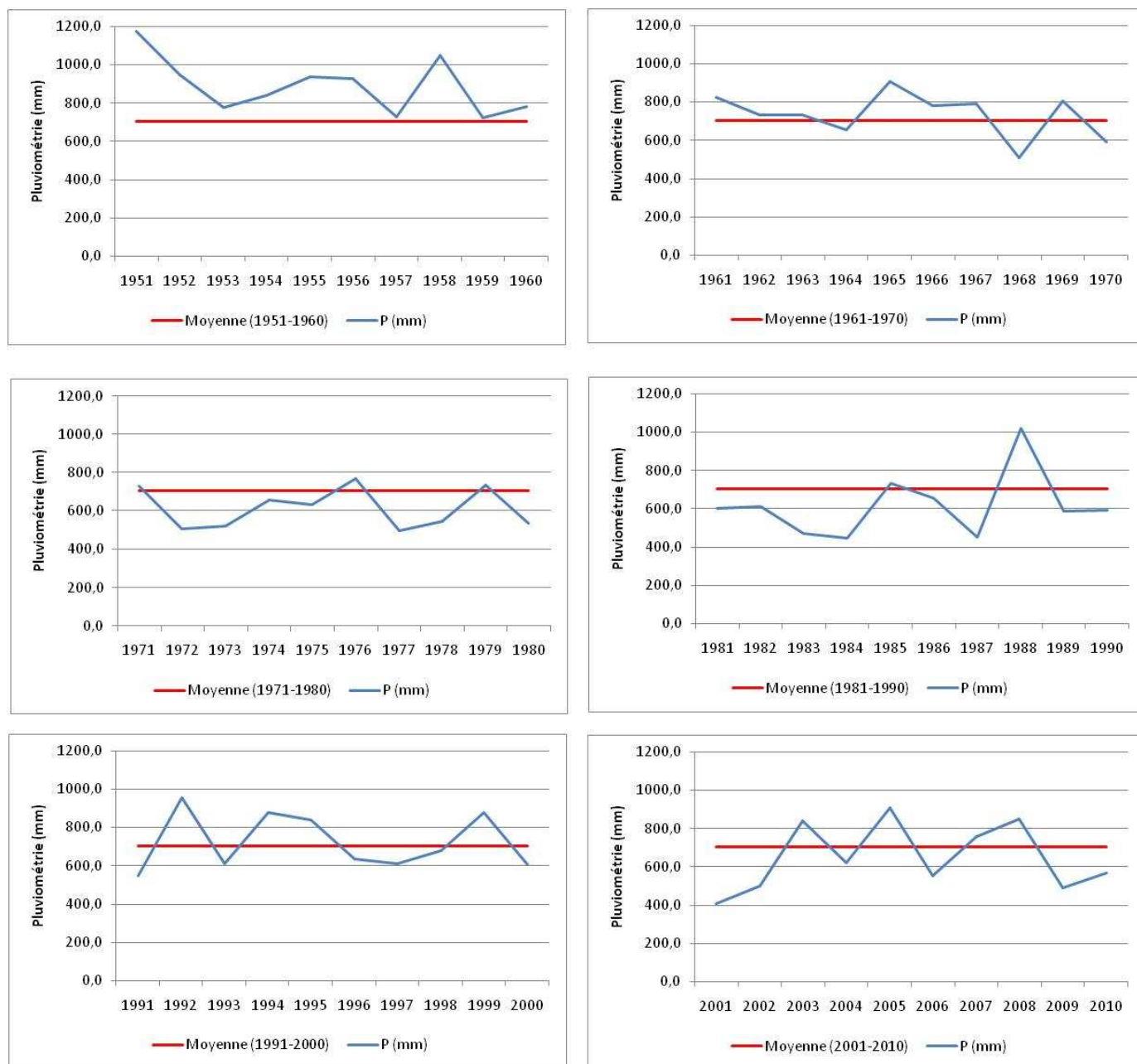


Figure 43 : Variation de la pluviométrie au cours des six dernières décennies (1951-1960 ; 1961-1970 ; 1971-1980 ; 1981-1990 ; 1991-2000 ; 2001-2010)

N'DIAYE B. F., 2011

La variabilité pluviométrique de 1951-2010 est très hétérogène. L'analyse du graphique permet de déceler deux phases pluviométriques : une première phase allant de 1951 à 1966 où les cumuls de précipitations d'une année à l'autre sont relativement supérieurs à la moyenne arithmétique avec un pic maxima en 1951 et 1958 d'une valeur respective de 1173,2 mm et 1048,2 mm. A partir de la fin des années soixante commence une longue phase de diminution

jusqu'en 2010. En partant des données mensuelles, deux caractéristiques fondamentales observables nous amènent à conclure qu'un changement est intervenu au niveau de la pluviométrie du cercle de Banamba au cours de la période 1951 à 2010. Il s'agit d'une part du caractère non aléatoire de la série et de l'existence d'une tendance.

3.2.1.3 Une saison pluvieuse de plus en plus réduite et des pauses pluviométriques de plus en plus longues selon les paysans

Sur la période 1970 – 2009, 393 des 460 personnes enquêtées disent que la durée de la saison pluvieuse est réduite actuellement comparativement à ce qu'elle était en 1960. Cette réduction a été constatée par certains paysans (12,6 %) depuis les années 1970. Mais c'est à partir des années 1980 qu'une grande majorité de paysans (un paysan sur deux) situe cette réduction (Figure 44)

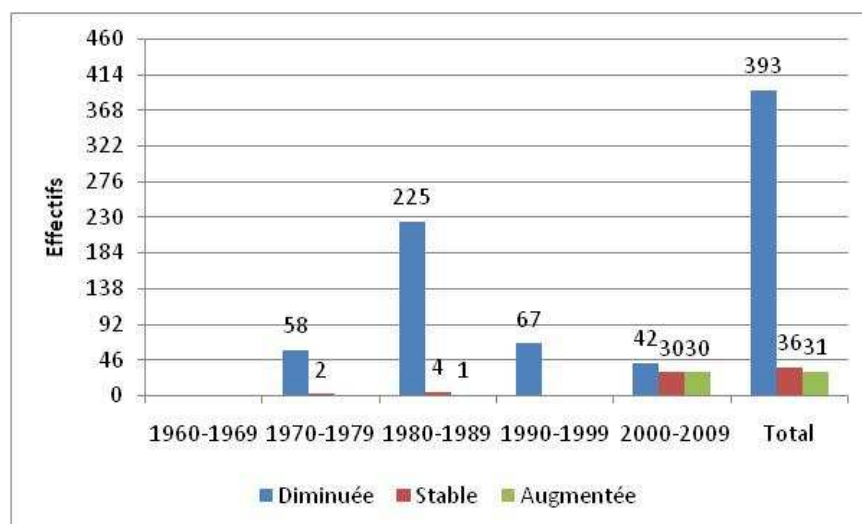


Figure 44 : Perception des paysans sur l'évolution de la durée de la saison pluvieuse entre 1960 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

Par ailleurs, une autre caractéristique de la pluviométrie perçue par les paysans est la durée des pauses pluviométriques. Sur la même période, 399 sur 460 personnes enquêtées disent qu'après une pluie, le nombre de jours avant la prochaine pluie est de plus en plus grand comparativement à ce qui était observé il y a 50 ans (Figure 45).

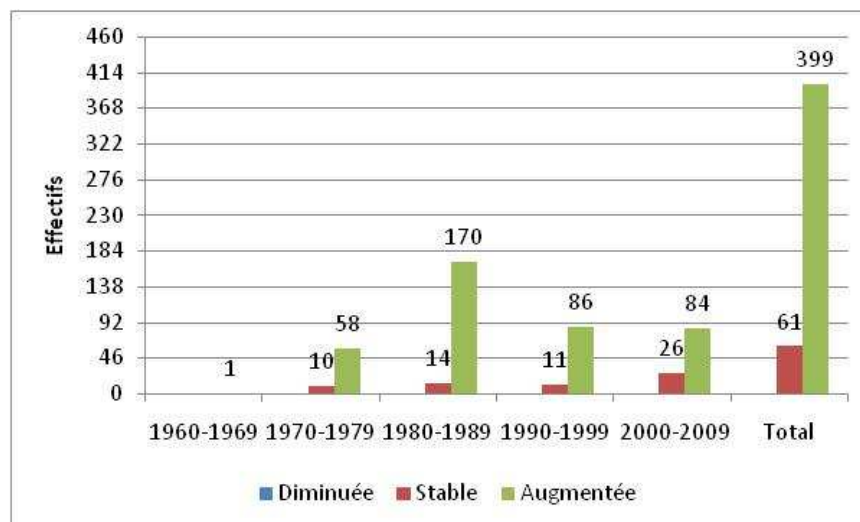


Figure 45 : Perception des paysans sur l'évolution de la durée des pauses pluviométriques entre 1960 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

3.2.1.4 La variation temporelle de la durée de la saison pluvieuse à partir des données météorologiques

Les durées des saisons pluvieuses pour la période 1990-2012 pour laquelle nous disposons de relevés journalières ont été déterminées annuellement (en jours). On remarque une diminution significative de la durée de la saison pluvieuse. Le nombre de jours pluvieux est passé de 54 à 43 jours soit une réduction de 20 %. Par ailleurs nous observons de grande variation par rapport à la moyenne (45 jours) pouvant aller jusqu'à 27 jours (Figure 46). La ligne en pointillés rouge obtenue par régression linéaire montre également la baisse tendancielle du nombre de jours pluvieux (Figure 47). Depuis 2002, excepté les années 2003 et 2005, le nombre de jours pluvieux reste inférieur à la moyenne périodique.

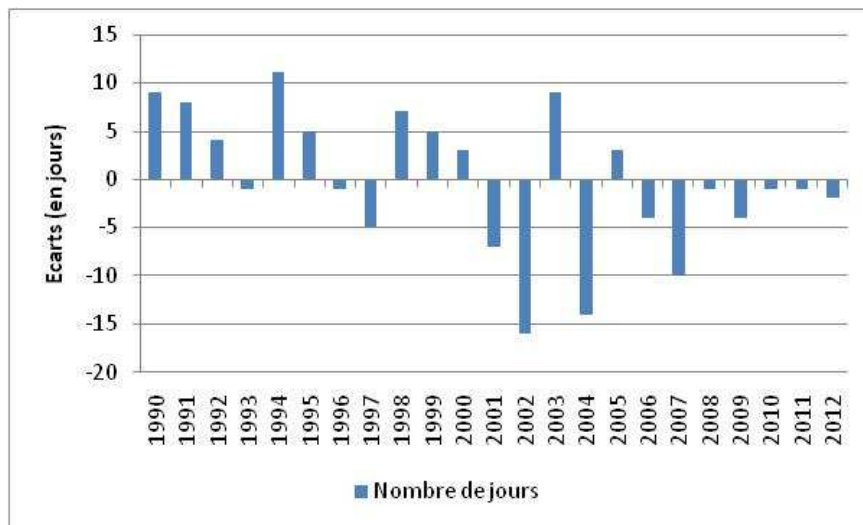


Figure 46 : Variation temporelle du nombre de jours pluvieux entre 1990-2012 (source : données de la station pluviométrique de Banamba)

N'DIAYE B. F., 2011

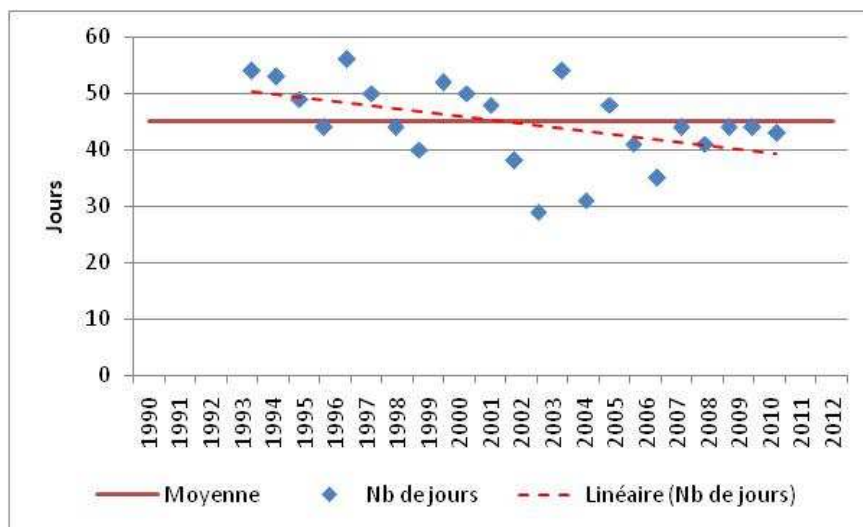


Figure 47 : Tendance du nombre de jours pluvieux entre 1990-2012 (source : station pluviométrique de Banamba, 2013)

N'DIAYE B. F., 2011

3.2.1.5 La détection de rupture dans la pluviométrie du cercle de Banamba

Pour déterminer une rupture dans la pluviométrie du cercle de Banamba, trois tests ont été appliqués. Il s'agit du test de Pettitt, celui de Buishand et le test SNHT (Standard normal homogeneity test) qui a été développé par Alexandersson.

L'approche de Pettitt est non-paramétrique et dérive du test de Mann-Whitney. Il consiste à découper la série principale de N éléments en deux sous séries à chaque instant t compris entre 1 et $N-1$. La série principale présente une rupture à l'instant t si les deux sous séries ont des distributions différentes (KINGUMBI A. et al, 2000). Son hypothèse nulle (H_0) étant l'hypothèse de non-rupture (PATUREL J.E. et al, 1998). La mise en œuvre du test de PETTITT A.N. (1979) suppose que pour tout instant t compris entre 1 et N , les séries chronologiques appartiennent à la même population. La variable à tester est le maximum en valeur absolue de la variable de Pettitt (U_t, N). La probabilité de dépassement approximative d'une valeur k est définie. Cette valeur permet d'apprécier l'importance de la rupture. Une rupture peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité de la série chronologique à un instant donné, le plus souvent inconnu. L'absence de rupture dans la série de taille N constitue l'hypothèse nulle. Si l'hypothèse nulle est rejetée, une estimation de la date de rupture est donnée par l'instant t définissant le maximum en valeur absolue de la variable U_t, N . Le test est plus particulièrement sensible à un changement de moyenne (HUBERT P. et al., 1998 ; LUBÈS-NIEL H. et al., 1998). La variable à tester est le maximum en valeur absolue de la variable U_t, N définie par la relation :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

Où : $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$ avec $\text{sgn}(x) = 1$ si $x > 0$, 0 si $x = 0$ et -1 si $x < 0$.

Si l'hypothèse nulle est rejetée, une estimation de la date de rupture est donnée par l'instant t , définissant le maximum en valeur absolue de la variable U_t, N .

Le test statistique « U » de Buishand de nature bayésienne est basé sur les hypothèses de normalité et de constance de la variance de la série (BUISHAND T.A., 1982). En supposant une distribution a priori uniforme pour la position du point de rupture, la statistique « U » est définie par :

$$U = [N(N+1)]^{-1} \sum \left(\frac{S_k}{D_x} \right)^2$$

Où

$$S_k = \sum_{t=1}^k (x_t - \bar{x})$$

Pour $k = 1, 2, 3 \dots N$ et D_x est l'écart-type de la série.

L'hypothèse nulle est l'absence de rupture dans la série. Si l'hypothèse nulle est rejetée, le test ne propose pas une estimation de la date de rupture. Des valeurs critiques de la statistique « U » sont données par Buishand (1982, 1984), à partir d'une méthode de Monte Carlo. Cette méthode donne moins de poids aux premières et aux dernières valeurs de la série et s'avère plus performante pour tout changement de moyenne intervenant au milieu de la série. La statistique « U » est une statistique robuste qui reste valide même pour des distributions de la variable étudiée et qui s'écartent de la normalité.

Le test SNHT (Standard normal homogeneity test) a été développé par Alexandersson (1986) pour détecter un changement dans une série de précipitations. Le test s'applique à une série de ratios comparant les observations d'une station de mesure à la moyenne de plusieurs stations. Les ratios sont ensuite centrés-réduits. La série des X_i correspond ici aux ratios standardisés. Les hypothèses nulle et alternative sont définies par :

- H_0 : les T variables X_i suivent une loi $N(0,1)$.
- H_a : entre les temps 1 et n les variables sont distribuées suivant une loi $N(\mu_1, 1)$ et entre $n+1$ et T elles sont distribuées suivant une loi $N(\mu_2, 1)$.

Le test de Pettitt ainsi que celui de Buishand et le Test d'homogénéité normal standard (SNHT) détectent une rupture à la baisse, à partir de 1967, dans la pluviométrie annuelle avec une chute brutale de la pluviométrie qui, en moyenne, atteint 24.5%. Ce qui est en parfaite conformité avec les résultats du programme ICCARE (Identification et Conséquences d'une variabilité du Climat en Afrique de l'ouest non sahélienne). Ce programme a été mené par l'Antenne Hydrologique de l'ORSTOM en Côte d'Ivoire, en collaboration avec le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Montpellier et le Laboratoire d'Hydrologie et de Modélisation de l'Université Montpellier II. L'étude s'est limitée au Sud du 14ème parallèle. La zone étudiée couvre 16 pays qui sont de l'Afrique de l'Ouest vers l'Afrique Centrale : le Sénégal, la Gambie, la Guinée Bissau, la Guinée Conakry, la Sierra Leone, le Liberia, le Mali, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo, le Bénin, le Nigeria, le Cameroun, la Centrafrique et le Tchad. En ce qui concerne le Mali, pour tous les postes retenus (dont Banamba), les méthodes statistiques ont révélé une anomalie ou une rupture. Cette rupture se traduit par une chute brutale de la pluviométrie qui en moyenne atteint 22.8 %. Les dates de ruptures sont très homogènes et se concentrent autour de la période 1967-1970 (Figure 48).

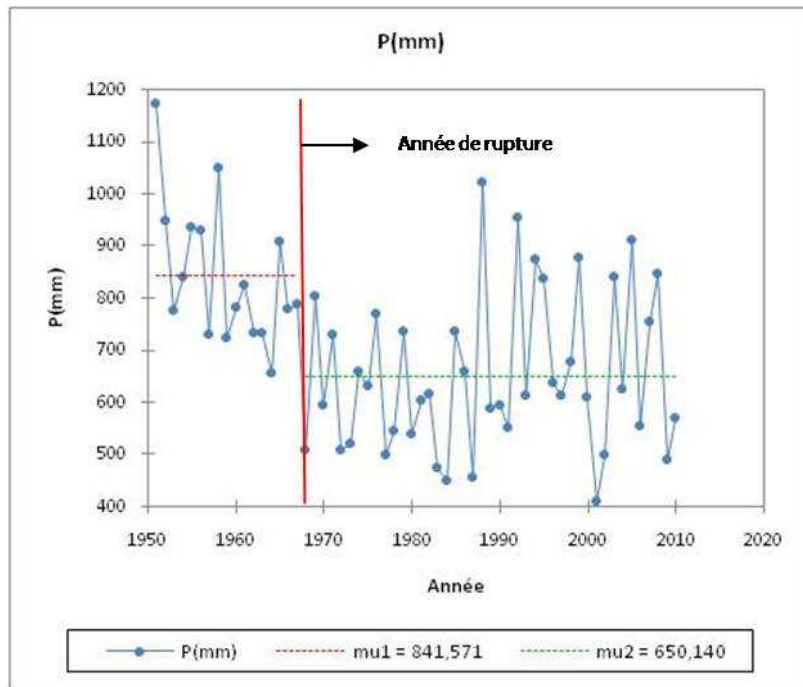


Figure 48 : Tests de Pettitt, d'homogénéité normale standard (SNHT) et de Buishand appliqué sur les moyennes de pluviométrie annuelles

N'DIAYE B. F., 2011

Entre 1951 et 2009, les débuts et fins des pluies, ont beaucoup évolué. Les pluies n'arrivent ni ne s'arrêtent à des dates fixes (Figure 49)

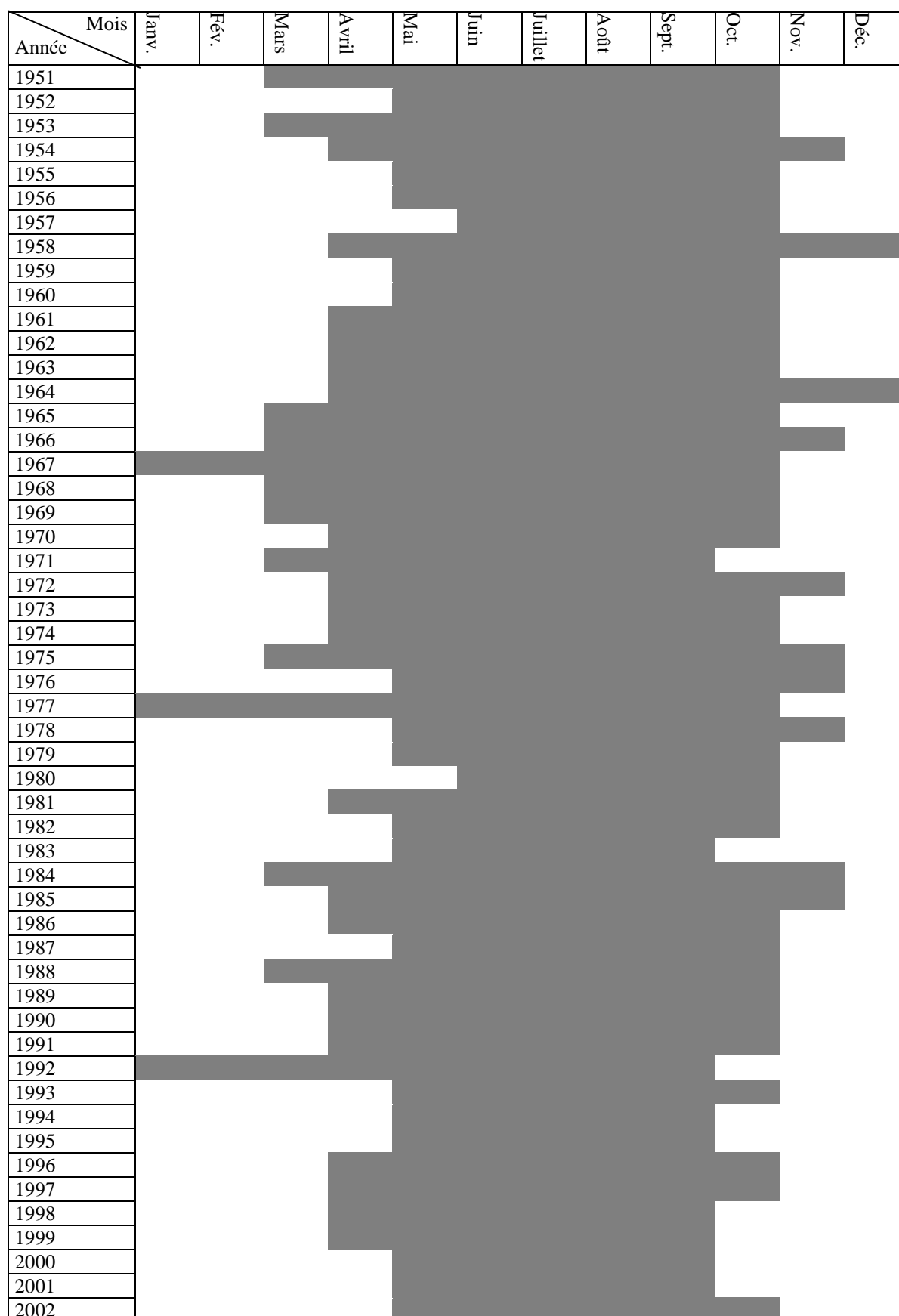


Figure 49: Début et fin des saisons pluvieuses entre 1951 et 2002
N'DIAYE B. F., 2011

3.2.2 : L'évolution des températures et des saisons entre 1960 et 2009

3.2.2.1 Une augmentation des températures constatée par les paysans

Sur la période concernée, environ deux personnes enquêtées sur trois (297 sur 460) pensent que l'intensité de la température a augmenté pendant la saison sèche et une personne sur deux pendant la saison pluvieuse. Par contre 171 personnes disent que les températures ont diminué la saison pluvieuse alors que 92 personnes disent n'avoir constaté aucune évolution depuis au moins 1990. De façon générale, l'augmentation déclarée de l'intensité de la chaleur commence vers les années 1970 (Figures 50a et 50b).

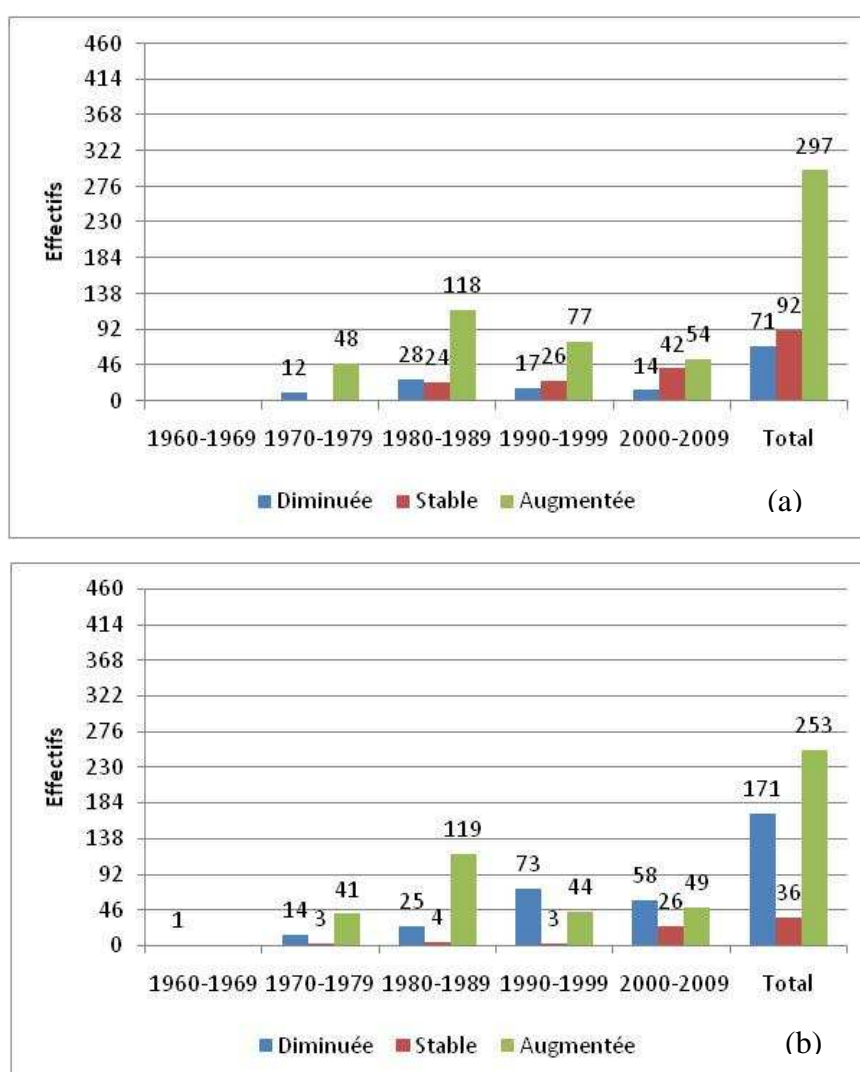


Figure 50 : Perception des paysans sur l'évolution des températures pendant la saison sèche (a) et pluvieuse (b) entre 1960 et 2009

3.2.2.2 Des périodes chaudes et froides en augmentation selon les paysans

Entre 1960 et 2010, sur les 460 chefs d'UPA, les périodes chaudes et froides ont augmenté respectivement pour 257 et 320 d'entre eux. Selon ces personnes, ces périodes (chaude et froide) durent plus longtemps de nos jours comparativement à ce qu'elles étaient il y a 40 ou 50 ans. L'augmentation de la durée des périodes chaude et froide est constatée globalement à partir des années 1980 (Figures 51a et 51b).

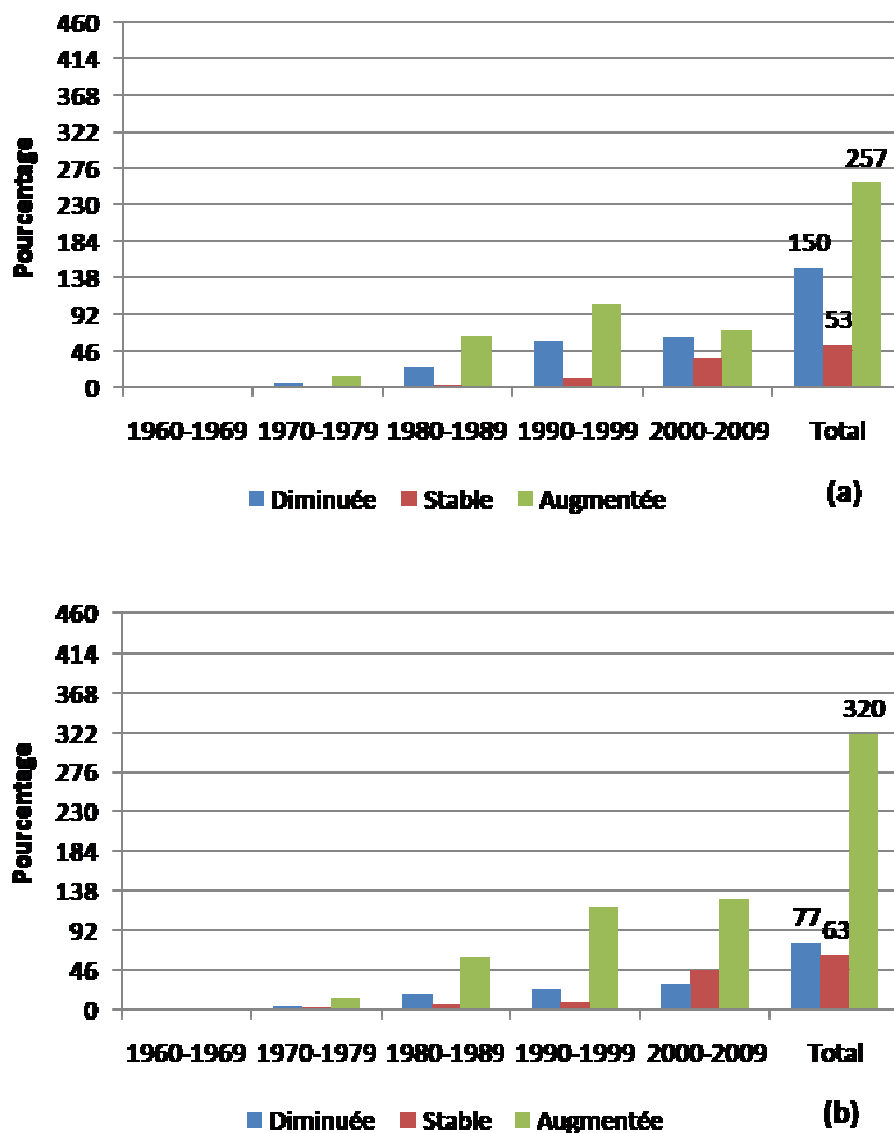


Figure 51 : Perception des paysans sur l'évolution des périodes chaude (a) et froides (b) entre 1960 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

3.2.2.3 La hausse des températures, une évidence dans le cercle de Banamba

Pour mettre en évidence le réchauffement climatique dans le cercle de Banamba, la variation des températures moyennes annuelles de 1951 à 2006 (Figure 52), ainsi que la répartition temporelle de l'écart par rapport à la normale (1951 -2006) ont été étudiées.

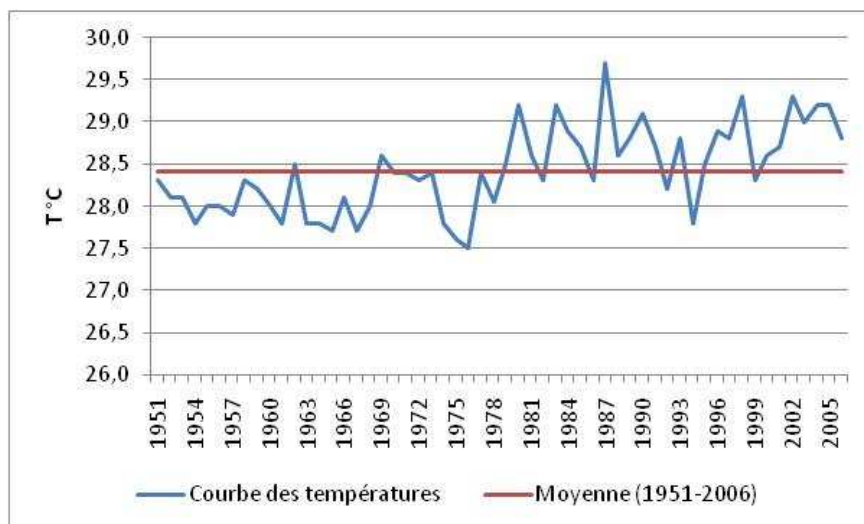


Figure 52 : Courbe de variabilité de la température annuelle, valeurs brutes (1951-2006)

N'DIAYE B. F., 2011

Les moyennes annuelles illustrées sur la figure 49 varient entre 27,5 °C et 29,7 °C. On constate visuellement que la température annuelle évolue à la hausse au cours de la période étudiée. Pour la répartition temporelle, l'écart par rapport à la moyenne a été calculé selon la formule suivante : $T = \text{température moyenne annuelle} - \text{la normale (moyenne de 1951-2006)}$.

La figure 53 présente la variation temporelle de l'écart par rapport à la moyenne pour les températures moyennes.

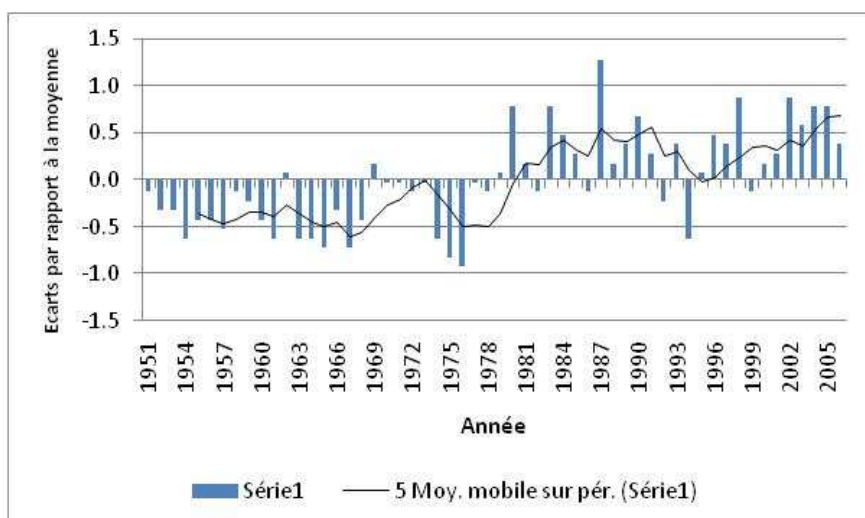


Figure 53 : Répartition temporelle de l'écart par rapport à la normale (1951 – 2006)

N'DIAYE B. F., 2011

Cette figure montre les anomalies de températures moyennes par rapport à la normale (1951 - 2006). Toutes ces températures présentent pratiquement les mêmes anomalies par rapport à la normale. Les valeurs en ordonnées sont les valeurs d'anomalies de températures en degrés Celsius. Comme pour la pluviométrie, cette série se compose de deux parties : une première partie où les anomalies sont majoritairement négatives et une seconde partie où les anomalies sont majoritairement positives. Ces anomalies ne changent pas de signe d'une année sur l'autre et sur 28 années successives. Les anomalies sont négatives pour la première partie. Pour la deuxième, la même tendance s'observe avec quelques incursions d'anomalies négatives qui ne modifient nullement la tendance générale. Sur 24 années, seulement 5 années présentent des anomalies négatives. Les courbes en pointillé rouge qui sont des droites de tendance (Figure 54), obtenues par régression linéaire appuie l'idée qu'il y a une tendance relativement significative de l'évolution des températures dans le cercle de Banamba.

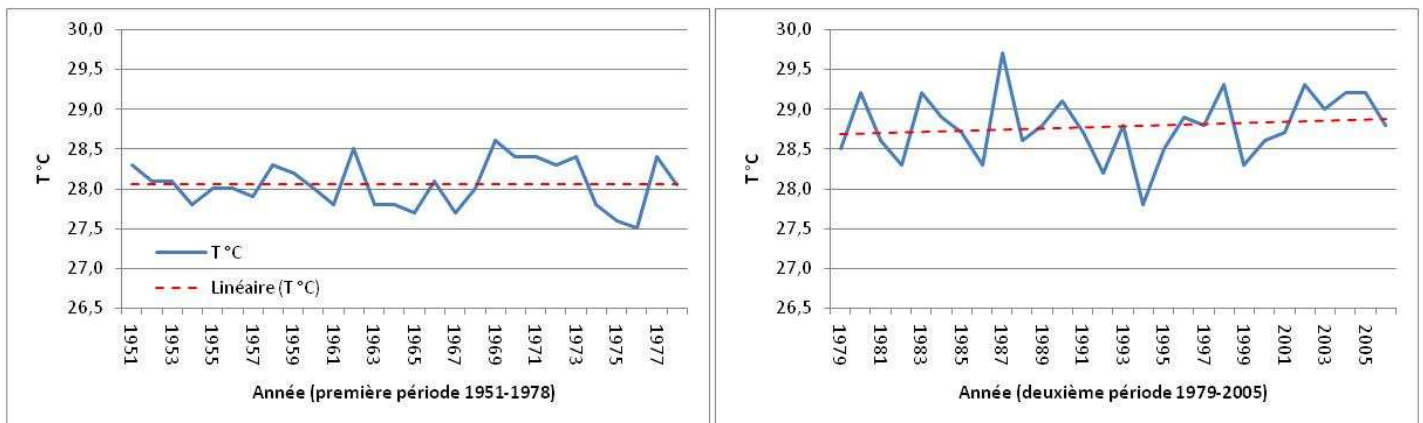


Figure 54 : Mise en évidence du changement de tendance à partir de 1978 sur les moyennes de températures à Banamba

N'DIAYE B. F., 2011

3.2.2.4 La détection d'une rupture dans la série

Les résultats précédents montrent que la tendance au réchauffement ne semble pas régulière durant toute la période. Notre idée a été de chercher des changements de tendances dans la série des anomalies annuelles de températures moyennes. Pour cela, trois tests sont appliqués. Il s'agit du test de Pettitt, du Test d'homogénéité normal standard (SNHT) et celui de Buishand. La figure 55 montre les résultats de ces tests. Pour notre cas, les trois tests indiquent qu'il y a présence d'une rupture et cette rupture se situe en 1978.

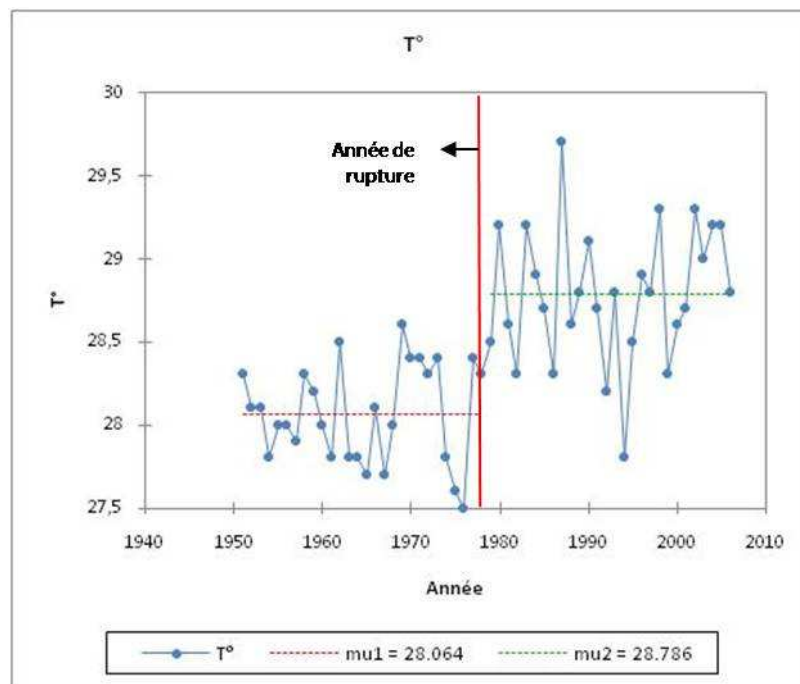


Figure 55 : Tests de Pettitt, d'homogénéité normale standard (SNHT) et de Buishand appliqué sur les moyennes de températures annuelles

N'DIAYE B. F., 2011

Au regard de l'évolution du climat depuis 60 années, on en vient inéluctablement à la conclusion suivante : il y a des changements dans le climat local. A partir de la fin des années 1960, la pluviométrie devient plus variable et une tendance à l'aridification s'amorce. Pour mieux apprécier ce changement de climat, nous avons calculé l'indice d'aridité selon la formule proposée par De Martonne. Pour le calculer, on utilise la formule

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm) et T : température moyenne annuelle (C°).

- Si I est compris entre 0 et 5 : milieu hyperaride
- I compris entre 5 et 10 : milieu aride
- I compris entre 10 et 20 : milieu semi-aride
- I compris entre 20 et 30 : milieu semi-humide
- I supérieur égal à 30 : milieu humide

Sur la période 1951-2010, l'indice de De Martonne est passé de 30 en 1951 l'année la plus humide de la période à 10 en 2001. Depuis 1995, excepté les années 2005, 2003 et 1999, il n'a jamais dépassé 20 (Figure 56). La région est passée d'un climat humide à un climat semi-aride.

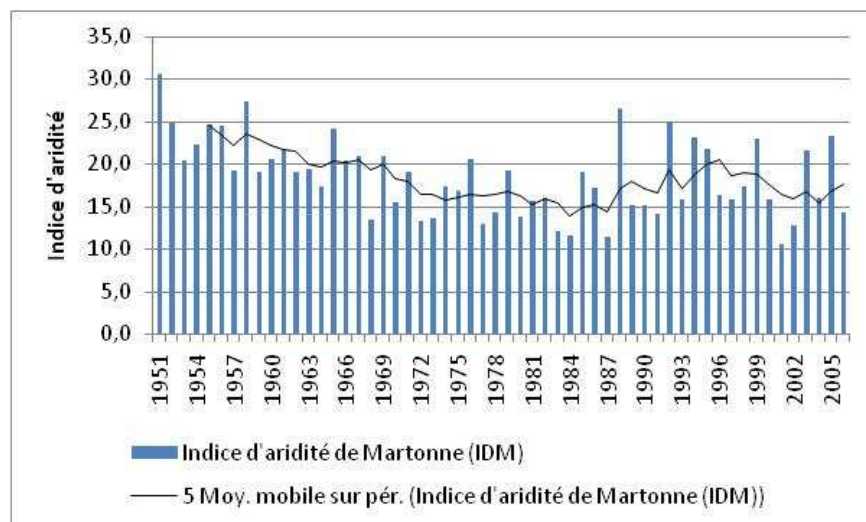


Figure 56 : Variation temporelle de l'indice de Martonne suivant une moyenne mobile (1951-2006)

N'DIAYE B. F., 2011

3.2.3 : Des types de temps lithométéoriques de plus en plus fréquents entre 1960 et 2009

Le lithométéore est défini par l'atlas international des nuages (OMM, 1956) comme un météore consistant en un ensemble de particules solides pur la plupart, non aqueuses et qui se trouvent plus ou moins en suspension dans l'atmosphère ou soulevées par le vent. Souvent assimilés à un vent de sable, les lithométéores représentent cependant une série de types de temps bien différenciés (ZEINEDDINE N., 2008) :

- Les brumes sèches et les brumes de poussière correspondent à une situation postérieure à un soulèvement de particules fines ;
- Les chasses-sable et les tempêtes de sable caractérisent un phénomène qui associe pleinement la dynamique éolienne et le transport des particules.

Les définitions de ces *phénomènes régionaux* sont relatées par le recueil des codes météorologiques (Encadré 7).

Encadré 7 : Typologies des lithométhores

Brume de poussière : (photo 1), « poussières en suspension dans l'air d'une manière généralisée, non soulevées par le vent au point d'observation ou à ses alentours au moment de l'observation ». La brume de poussière est mentionnée par l'observateur, lorsqu'un dépôt de poussière éolienne est visible au sol ;

Brume sèche : il n'existe pas de définition précise pour ce type de lithométéore. La brume sèche possède cependant les mêmes caractéristiques que la brume de poussière, mais en est différente par l'absence de dépôt de poussière au sol ;

Chasse-sable : « poussière ou sable soulevés par le vent au point d'observation ou à ses alentours au moment de l'observation, mais absence de tourbillon et pas de tempête de poussière ou de sable observée » ;

Tempête de sable (photo 2) : « tempête de poussière ou de sable observée au moment de l'observation en vue du point d'observation, ou à ce point pendant l'heure précédente ».

Source : OMM, 1973.



Photo 1: Brume de poussière

Source : ZEINEDDINE N., 1994



Photo 2: Tempête de sable

Source : ZEINEDDINE N., 1993



Photo 3: Mur de sable

Source : ZEINEDDINE N., 1994

Les phénomènes locaux se caractérisent par une occurrence ponctuelle et se traduisent par des manifestations de tourbillons thermiques ou dynamiques, ou de murs de sable qui représentent les formes les plus simples des lithométéores mais qui restent assez spectaculaires.

- *Les tourbillons de poussière ou de sable* sont : « un ensemble de particules de poussière ou de sable, accompagné parfois de petits débris, soulevés du sol sous forme d'une colonne tourbillonnante et de hauteur variable, à axe sensiblement vertical et de faible diamètre ». Lorsque le tourbillon est thermique, il est induit par une instabilité due à un échauffement du sol. Quant il est dynamique, il est généré par l'existence de deux courants de vitesses ou de directions différentes ((ZEINEDDINE N., 2004) ;

- *Le mur de sable* (photo 3, ci-dessus) n'est pas défini, seule sa formation est évoquée. Il constitue le bord antérieur d'une tempête de sable ou d'une invasion d'air froid.

Dans le cercle de Banamba, la fréquence de ces phénomènes est de plus en plus signalée par les paysans. Plus de neuf sur dix des 460 chefs d'UPA enquêtés disent que les vents forts, les tourbillons et les brumes de poussière ou de sable sont plus fréquentes ces derniers temps (Figures 57a et 57b).

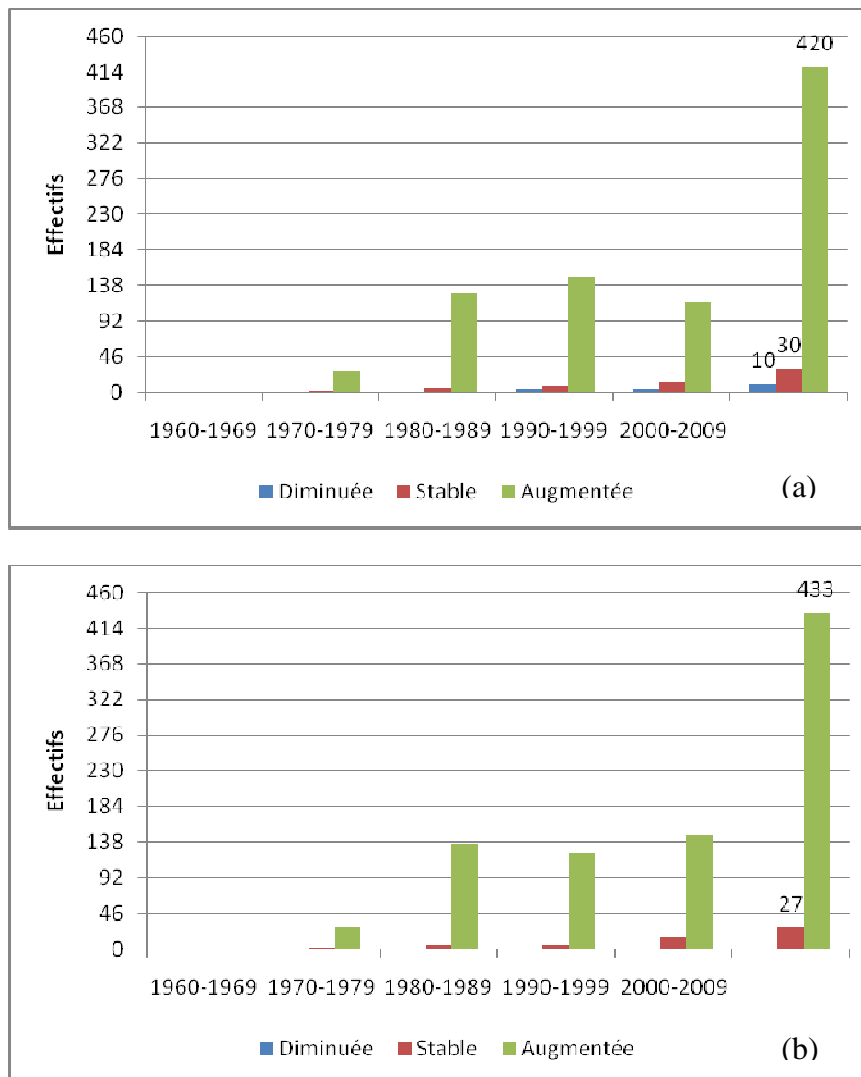


Figure 57 : Perception des paysans sur la fréquence des vents forts (a) et des tourbillons de poussière ou de sable (b) entre 1960 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

Ainsi, on constate que quand bien même on n'a pas les mêmes échelles de comparaison, la pluviométrie a régressé sur la période de 1951 à 2010 et la température a augmenté sur la

même période. Les tendances déclarées par les paysans et celles affichées par les données obtenues dans les stations météorologiques sont donc conformes. Par ailleurs, ces résultats sont assez concordants avec ceux déjà obtenus pour l'ensemble du Mali (SERVAT E. et al. 1997 ; PATUREL J.E. et al. 1997), et à la fluctuation pluviométrique observée à la fin des années 60 et au début des années 70 à l'échelle de l'ensemble de l'Afrique occidentale et centrale, sahélienne et non sahélienne (HUBERT P. et al. 1989 ; MAHE G. et OLIVRY J.C., 1991 ; Paturel et al. 1997 ; SERVAT E. et al. 1999). Ces analyses confirment donc l'hétérogénéité de la pluviométrie dans la zone étudiée, après les années 60. Incontestablement le climat du cercle a changé. La question qui se pose est pourquoi ? Autrement dit quels sont les facteurs de ce changement ?

3.2.4 : Les perceptions des paysans sur les causes des changements climatiques

Au cours des enquêtes, il a été demandé aux paysans de Banamba de se prononcer sur les facteurs du changement climatique constaté et annoncé par eux-mêmes. Un sur deux des 460 paysans enquêtés pensent que les changements climatiques constatés au niveau du cercle sont divins tandis que deux paysans sur cinq les lient à la dégradation du couvert végétal. Deux autres facteurs sont cités dans des proportions moins importantes. Il s'agit de l'abandon de certaines pratiques traditionnelles et de la mésestente / égoïsme cités respectivement par 30 et 13 personnes enquêtées (Figure 58).

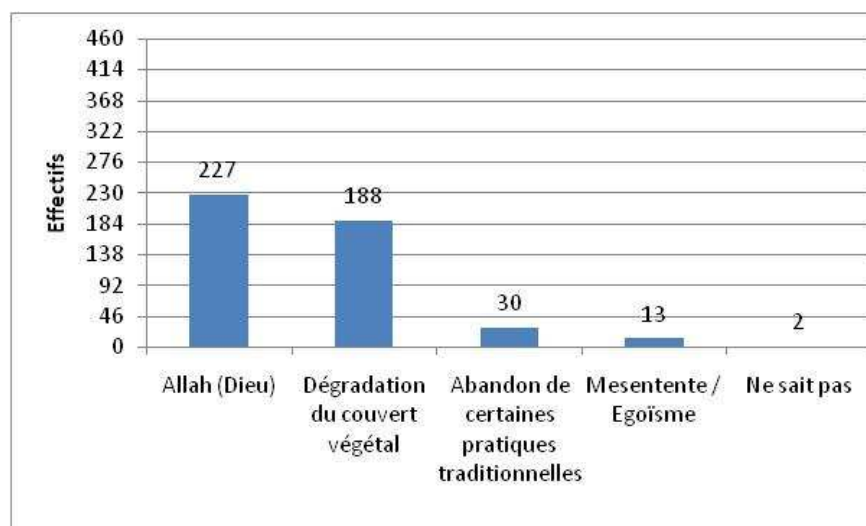


Figure 58 : Répartition des chefs d'UPA selon leurs opinions sur les facteurs des changements climatiques constatés

Selon l'approche laïque ou religieuse, la signification de "la responsabilité de l'homme dans le phénomène du changement climatique" n'est pas la même. La perspective islamique (rappelons au passage que le cercle de Banamba est une zone fortement islamisée) tient compte de tout comportement néfaste pour l'homme et son environnement et le réprouve, mais incrimine surtout le comportement moral répréhensible, comme responsable de tous nos maux. C'est plus la généralisation de la turpitude qui est déterminante dans la genèse des troubles écologiques que la production des gaz à effet de serre.

En citant Dieu (Allah) comme facteur premier des changements climatiques, le paysan s'inscrit dans la perspective islamique selon laquelle l'évidence sur terre est que rien ne peut subsister s'il n'a pas été décidé ou exécuté selon la volonté de Dieu. D'un autre côté, rien n'est gratuit et ce qui arrive à l'homme n'est qu'une réponse à ses agissements. En effet dans la vision islamique, c'est le comportement moral de l'homme qui conditionne tout. L'homme est responsable de tout malheur qui l'atteint, du fait de ses péchés (le Coran : sourate 42, verset 28). La menace écologique serait un signe divin, un avertissement ou un châtiment (ou "plaie"), comme il en fut pour le peuple de Pharaon et toutes les sociétés incrédules ou perverses [le Coran (sourate 44, versets 8-11) ; le Coran (sourate 50, versets 12-14)].

C'est dans cette même logique que les autres facteurs cités doivent être compris. La nature a toujours eu un caractère sacré et bien avant l'islam, les populations ont toujours vécu dans le dualisme de droits et devoirs sur l'espace-ressource. A cet égard, BARRIERE O. (1998) souligne l'importance des rapports qui conditionnent l'accès des hommes à l'espace et à la ressource et qui s'exprime en termes de maîtrises et de degrés différents. La gestion patrimoniale de l'environnement se définit à travers la convergence des objectifs individuels vers une effectivité des intentions d'ensemble de la communauté (BARRIERE O., *op cit*).

L'ensemble des droits des acteurs de la gestion de l'environnement (prélèvement, exploitation, protection) caractérise le fondement d'un système de responsabilité concernant chaque acteur vis-à-vis du milieu dans lequel il évolue. Et comme le souligne AAWI P. (2010), cet ensemble, reste dépendant d'un régime juridique, au sein duquel il permet une régulation des comportements sociaux vis-à-vis de l'environnement. Dans le souci de renforcer ce respect vis-à-vis de l'environnement, des pratiques sont qualifiées de tabous, d'interdis, ou de sacrés. On ne peut y pratiquer ni culture, ni couper le bois. Pour le paysan de

Banamba, c'est justement le non respect de ces règles traditionnelles, l'inobservance des prescriptions religieuses (les deux ne sont nullement contradictoires en ce qui concerne l'environnement), l'égoïsme des hommes (seul l'intérêt individuel prévaut) qui sont plus déterminantes dans la genèse des troubles écologiques que la production des "gaz à effet de serre". Ceux-ci sont d'ailleurs complètement méconnus des paysans.

Dans le cadre du climat, la question qui se lit sur toutes les lèvres est : y a-t-il un changement dans le climat ? L'autre question non moins importante est : à partir de combien de temps, peut-on parler de changement ? La réponse à la deuxième interrogation, nous conduit à considérer le temps, et cela à deux échelles : le temps considéré à l'échelle géologique et le temps vu à l'échelle humaine. Les deux n'ayant évidemment pas les mêmes mesures de temps. A l'échelle géologique, le changement est déterminé sur des millions d'années. A cette échelle, la climatologie a d'abord été interpellée afin d'estimer les vulnérabilités des systèmes (naturels et humains) face aux impacts climatiques à venir et de bâtir des réponses adéquates en partant de ses modèles numériques sur l'évolution du climat (SIMONET G., 2012). Cette approche, appelée *top-down*, a permis d'entrevoir les tendances des nouvelles variabilités climatiques globales et régionales, mais a atteint ses limites à l'échelle locale à cause du degré d'incertitude inhérent aux modèles climatiques (SIMONET G., *op cit*, GIEC, 1998 ; FRANÇOIS A. et TAABNI M., 2012).

Par contre, en nous plaçant dans la perspective de l'échelle humaine ou d'une communauté, le changement s'appuie sur des données simples et vérifiables et qui permettent une représentation concrète de la réalité sans qu'il soit nécessaire de mettre en place des outils complexes ou des données sophistiquées.

Au regard de ce qui vient d'être dit, on peut soutenir que les communautés rurales de Banamba, à l'instar certainement de bien de peuples africains, possèdent un savoir, des connaissances empiriques mais profondes en climatologie pour des applications essentiellement agricoles. Ces savoirs locaux leur permettent en plus de percevoir mieux que quiconque, les changements intervenus. Donc, rien qu'en se basant sur ces savoirs locaux, on en vient à la conclusion que des changements sont perceptibles dans la pluviométrie et la température dans le cercle de Banamba. Ces perceptions sont en plus confirmées par l'analyse des données climatiques qui ont également permis de mettre en évidence la diminution brutale

des hauteurs pluviométriques à partir de la fin des années 1960, la persistance de ce phénomène depuis les années 1970. Pour des communautés rurales dont la survie dépend entièrement des ressources naturelles (sol, végétation, eaux), tout changement climatique a des implications directes sur les dynamiques d'occupation du sol.

Comment les communautés rurales de Banamba perçoivent-elles l'impact des changements climatiques sur leur environnement et son évolution depuis 1970, année supposée du commencement des changements climatiques ? Et quelles stratégies développent-elles pour s'adapter à cette évolution ? Tels sont les points qui seront abordés dans les parties qui suivent.

Chapitre 4 : Les impacts des changements climatiques sur les ressources naturelles et les stratégies de restauration développées par les paysans

Les populations d'Afrique occidentale dépendent dans leur grande majorité de la terre et des productions végétales. Selon le rapport sur *l'Avenir de l'environnement en Afrique* (2001), cette dépendance, qui va de pair avec un renforcement de la pression économique et démographique, a suscité depuis la fin des années 1970 une demande toujours plus forte de productivité des terres, laquelle a entraîné une rapide dégradation des zones forestières et des terres agricoles, et une chute de leur productivité (AEO, 2001). Il ressort d'une analyse des tendances récentes de la dégradation des sols que près de 25% des sols dégradés du monde entier se trouvent en Afrique. Au Mali, les pertes annuelles en terres arables sont en moyenne de 10 tonnes/ha et peuvent atteindre plus de 30 tonnes/hectare dans certaines zones (MEA, 2008). Le système d'agriculture itinérant généralement pratiqué au Mali entraîne des défrichements annuels de l'ordre de 500 000 ha par an selon la FAO, et évaluées en 2007 à 594 045 par la DNCN (2007). Il constitue un facteur essentiel de dégradation du sol. Sur de nombreux sites la capacité de charge est largement dépassée et près de 26% des terres cultivées sont des terres marginales, selon le CILSS (2000).

Quel est l'état des terres cultivées et des ressources sylvicoles dans le cercle de Banamba ? Quelles sont les menaces qui pesent sur ces ressources ? et enfin quelles en sont les causes ? telles sont les questions indispensables auxquelles il faudra apporter des réponses.

4.1 Les impacts des changements climatiques sur les ressources pédologiques et les stratégies de restauration adoptées par les populations

4.1.1 : L'état actuel des ressources pédologiques et leur évolution depuis 1970

4.1.1.1 Un état ou un risque de dégradation des terres cultivées ?

Il convient de bien distinguer la différence entre ces deux notions. L'évaluation du risque se fait en deux temps (BRABANT P., 1992). Dans un premier temps, il s'agit d'examiner et de

comparer un certain nombre de variables : la nature du sol, la pente du terrain, la pluviosité, l'intensité des averses, le mode d'utilisation des terres, etc. Dans un second temps on fait un pronostic sur les risques prévisibles de dégradation dans un site donné, compte tenu de l'environnement physique et humain. Cet exercice est toutefois aléatoire car la dégradation dépend principalement du type de relation entre l'homme et la terre (BRABANT P., *op cit*). Ce premier qui est effectué au bureau et qui est plutôt théorique est réservé aux pédologues et ne sera donc pas traité ici.

Nous porterons notre attention essentiellement sur l'état de dégradations des terres. Cette dégradation résulte d'observations sur le terrain ou sur des images satellitaires. Un état de dégradation est constaté par le fait que la forêt est défrichée, la terre est érodée, ou encore par la baisse des rendements.

Dire qu'une terre est actuellement dégradée dans un site donné, signifie qu'elle est comparée à la même terre qui dans le passé n'était pas dégradée. On compare donc cet état actuel à un état de référence. Mais toute la difficulté est de savoir quel est l'état de référence. Au Mali, c'est vers le début des années 1980 avec le PIRT que les premières données de référence ont commencé à voir le jour.

Les problèmes particuliers que pose la classification des sols du Mali selon les spécialistes du PIRT ont déjà été soulignés plus haut. Il ne s'agit nullement de récuser ces premières données de référence. Au contraire, il est judicieux de reconnaître tout le mérite de ces données surtout qu'auparavant il n'y avait aucun autre document équivalent permettant d'avoir une vision du problème de dégradation. En outre le projet a travaillé dans l'esprit de la Charte mondiale des sols (World Soils Policy) à laquelle ont adhéré la plupart des pays africains (BRABANT P., *op cit*). Soulignons juste leurs caractères partiels et récents. Elles ne fournissent pas assez de recul dans le temps.

Ainsi, en plus des données du PIRT (1983) et conformément à l'esprit de cette thèse qui privilégie davantage les savoirs locaux, la question relative à l'état des terres cultivées a été posée aux paysans du cercle de Banamba. Ils se sont exprimés dans les termes suivants : très dégradées, dégradées ou fertiles. La figure 57 illustre les opinions des chefs d'UPA sur l'état actuel des terres cultivées. La très grande majorité des paysans affirment que les terres

cultivées sont dégradées. 448 sur les 460 chefs d'UPA enquêtés affirment que celles qu'ils cultivent actuellement sont dégradées (28,7 %) à très dégradées (68,7 %) (Figure 59).

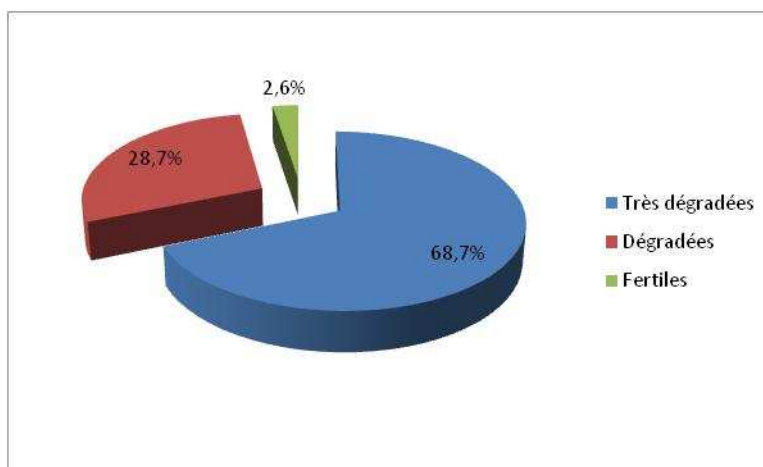


Figure 59 : Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur l'état actuel des terres cultivées

N'DIAYE B. F., 2011

Cette dégradation que les paysans ont commencé à observer au milieu des années 1970, continue d'être une constante encore aujourd'hui selon les déclarations des paysans (Figure 60).

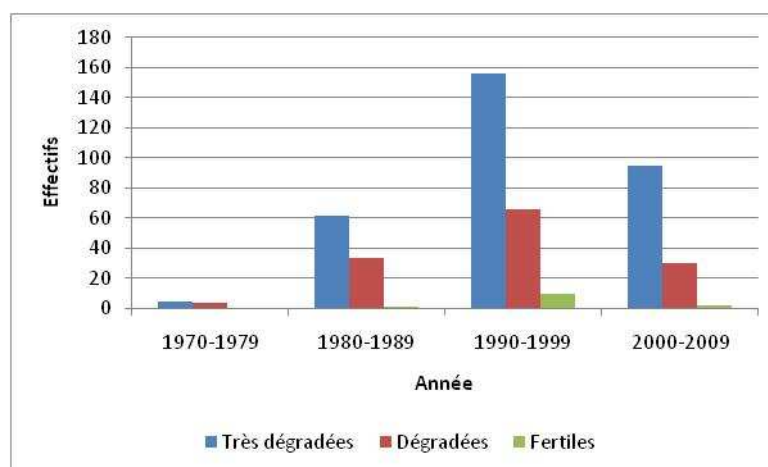


Figure 60 : Opinion des chefs d'UPA sur l'évolution de la dégradation des terres cultivées entre 1970 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

Soulignons au passage qu'au début des années 80, le Projet d'Inventaire des Ressources Terrestres a caractérisé les terres de Banamba comme moyennement à fortement acide avec une fertilité faible à moyenne. Sur un sol très acide, l'activité biologique du sol est faible et la décomposition de la matière organique est lente. La litière formée par les feuilles tombées va

s'accumuler à la surface du sol. Peu d'éléments minéraux sont donc recyclés et absorbés par les racines. Les arbres vont croître difficilement.

4.1.1.2 La dégradation des sols, un phénomène naturel accéléré par l'intervention de l'homme

Au cours des enquêtes, il a été demandé aux paysans qui reconnaissent la dégradation des terres qu'ils cultivent de donner deux facteurs majeurs de cette dégradation. Ils se sont exprimés dans les termes suivants : déficit pluviométrique, surpâturage, défrichement incontrôlé ou pratiques agricoles. Les tableaux 22 et 23 présentent respectivement la distribution des opinions sur les deux facteurs majeurs de dégradation des terres cultivées. Une première lecture furtive nous fait dire que la grande majorité des paysans considèrent que le déficit pluviométrique est le premier facteur de dégradation des terres. Environ 54 % et 45 % des répondants citent respectivement le déficit pluviométrique comme premier ou deuxième facteur. Les pratiques agricoles ou les défrichements incontrôlés sont considérés comme facteur premier de dégradation. Par ailleurs, environ 16 % et 13 % accusent le surpâturage.

Tableau 22 : Répartition des chefs d'UPA enquêtés selon le premier facteur de dégradation

Facteurs	Fréquences	Pourcentage
Déficit pluviométrique	251	54,6
Pratiques agricoles	75	16,3
Défrichements incontrôlés	72	15,7
Surpâturage	62	13,4
Total	460	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

Tableau 23 : Répartition des chefs d'UPA enquêtés selon le deuxième facteur de dégradation

Facteurs	Fréquences	Pourcentage
Déficit pluviométrique	209	45,4
Pratiques agricoles	101	22,0
Défrichements incontrôlés	81	17,6
Surpâturage	69	15,0
Total	460	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

Il faut toutefois souligner l'embarras des paysans lorsqu'on leur demande de donner un facteur majeur et un facteur secondaire de dégradation des terres. Ils soutiennent tous, qu'il est assez difficile de faire la part entre ce qui provient d'un ou d'autre facteur. Dans tous les cas où le déficit pluviométrique n'est pas cité comme premier facteur, il l'est en 2^e position.

Ainsi, il ressort des différents discours une interrelation entre les différents facteurs. Suivons à cet effet le discours de N.J., conseiller villageois dans le village de Samakelé (77 ans) :

« ... en ce qui concerne la pluviométrie, je peux dire un mot. Nous avons vécu les périodes pluvieuses ainsi que les périodes déficitaires. Il ya une grande différence si l'on compare la pluviométrie d'avant à celle de nos jours. Depuis le 7e mois, nous faisons les semis ; nous n'avions pas de charrue, seulement la daba, seul avec ta famille. Le travail d'un seul homme pouvait nourrir 10 personnes. "Dugu kolo kadi" (la terre était fertile), nous nous portons bien ; notre récolte nous suffisait largement ; mais maintenant, nous avons deux, trois charrue pour les travaux champêtres, mais "foyi" (rien du tout). Ici, comme vous le savez, il n'y a aucun espace non défriché et ça n'est pas la main d'œuvre qui nous manque, mais rien. Cela est du au déficit pluviométrique, "dugukolo fana bana" (littéralement la "terre est morte". (...) il ne pleut plus comme avant, même la disparition du couvert végétal est due au déficit pluviométrique, l'insécurité alimentaire aussi... »

En vue de réduire les confusions, un regroupement de facteurs de dégradation cités plus haut a été fait. Les facteurs relatifs aux activités humaines notamment le surpâturage, le défrichement incontrôlé et les pratiques agricoles ont été fusionnées pour constituer un seul facteur dénommé facteurs anthropiques. Le facteur naturel est resté comme tel. Ainsi on passe de 4 facteurs à 2 (Tableau 24).

Tableau 24 : Synthèse de facteurs de dégradation des terres cultivées

Facteurs	Fréquences	Pourcentage
Naturels	251	54,6
Anthropiques	209	45,4
Total	460	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

Les modifications que subit le sol en place sont dues à l'érosion hydrique, éolienne et à la dégradation (physique ou chimique). A un premier niveau, il convient de distinguer ces deux phénomènes différents (BRABANT P. *op cit*). On parle d'érosion des terres lorsque le sol perd des parties solides (sable, limon, argile, humus). Celles-ci sont arrachées et transportées hors du site à une distance variable, allant de quelques centaines de mètres à des milliers de kilomètres. Dans le cas de la dégradation des terres, le sol ne perd pas des parties solides mais un certain nombre de ses propriétés essentielles se dégradent sur place. Un exemple caractéristique est celui du sol qui devient salé et donc stérile à la suite d'une irrigation mal conduite.

4.1.1.2.1 L'érosion hydrique, un phénomène naturel

Elle est due à l'eau de pluie qui tombant en grosses averses arrache des particules de terre et les entraîne par gravité. Cette érosion est diffuse ou linéaire, les deux étant souvent associées dans le même paysage.

L'érosion diffuse consiste en un décapage généralisé et progressif de la couche de surface du sol où est concentré l'essentiel des éléments de la fertilité. Elle est toujours en étroite relation avec les activités humaines. Elle peut s'observer dans les terres sableuses où la densité du couvert végétal est faible. Elle menace les 2/3 des terres du cercle. Ce type d'érosion, très insidieuse, n'est pas facile à détecter car le sol et la végétation qu'il porte ne semblent pas être modifiés d'une année à une autre. Quand ses premiers effets se manifestent sur la productivité des terres et sont observés sur le terrain ou sur les images satellitaires, le potentiel de fertilité est déjà bien atteint.

Dans le cas de l'érosion linéaire, l'eau de ruissellement se concentre dans des chenaux d'écoulement pour former des rigoles et des ravines. Ce type d'érosion se manifeste sur les sols argileux le long des axes d'écoulement, à partir desquels il tend à se propager vers l'amont des bassins versants comme des tentacules. Il est bien visible sur le terrain et facile à identifier sur les images satellitaires. L'érosion linéaire est moins grave que la précédente car elle est localisée et ne s'étend pas indifféremment à tout le paysage.

4.1.1.2.2 L'érosion éolienne

Elle est moins fréquente et constitue une forme d'érosion secondaire, souvent associée à l'érosion hydrique. L'érosion éolienne consiste en une sorte de balayage de la surface du sol, comparable à l'érosion hydrique diffuse. Le vent emporte des particules du sol et les transporte en suspension dans l'atmosphère. Le sable grossier et les galets, trop lourds, restent en place et se concentrent sur le sol.

4.1.1.3 Les activités anthropiques, cause de la dégradation des terres

Elles sont regroupées en quatre rubriques : les pratiques agricoles inadaptées, le défrichement de la végétation spontanée, le surpâturage et la surexploitation des arbres et des arbustes pour les usages domestiques.

4.1.1.3.1 Des pratiques agricoles inadaptées

Il s'agit essentiellement de la réduction des périodes de jachère naturelle, l'absence ou la faible restitution de déchets de récolte, d'amendement, d'engrais. Le résultat est une dégradation chimique et biologique. Cette dégradation est plus grave compte tenu de la fertilité faible des terres. Le processus est le suivant : les récoltes sont prélevées mais les éléments nutritifs du sol utilisés pour les plantes pour leur croissance ne sont pas remplacés par des engrais minéraux ou des amendements organiques. Peu à peu la terre est épuisée et le rendement des récoltes diminuent. En principe ce type de dégradation est d'un niveau faible tant que l'agriculteur pratique la jachère naturelle. La terre est cultivée durant 3 à 4 ans puis laissée en jachère durant 10 à 15 ans. Cela suffit pour restaurer la fertilité. Si certains paysans s'efforcent d'amender les terres par toutes sortes de débris organiques, celles-ci sont toutefois soumises à une forte pression démographique.

4.1.1.3.2 Le surpâturage

Il est associé à l'élevage extensif. Il entraîne une réduction ou une disparition du couvert végétal, une augmentation de la compacité de la couche supérieure du sol et la formation de rigoles et de ravines d'érosion. Il se produit une dégradation physique suivie d'une érosion hydrique. En effet, sous l'impact des gouttes de pluie sur le sol mal protégé par la végétation, les mottes de terres se délitent et une mince pellicule constituée d'argile, de limon et de sables stratifiés sur quelques millimètres d'épaisseur recouvrent la surface comme une sorte de glaçage du sol. Cela diminue évidemment la capacité d'infiltration du sol pour l'eau de pluie et gêne la germination des semences.

4.1.1.3.3 Le défrichement anarchique de la végétation naturelle

Les pratiques agricoles traditionnelles, en particulier les cultures itinérantes, ne posaient pas de problème particulier dans le passé parce que la population de la région était beaucoup moins nombreuse qu'aujourd'hui. L'accélération de l'accroissement démographique a entraîné une multiplication de la demande de nourriture, de combustible, de pâturage et de logements, et a obligé à exploiter massivement les terres.

4.1.1.3.4 La surexploitation des arbres et arbustes pour les usages domestiques

Il s'agit de la coupe abusive de bois pour les besoins d'énergie. La végétation ligneuse est souvent complètement détruite et même si elle ne l'est pas complètement, ce qui reste n'assure plus une protection suffisante du sol. A cette pratique viennent s'ajouter celle des feux de brousse et la divagation des animaux domestiques. Il s'en suit une dégradation physique puis une augmentation de l'érosion hydrique.

Erosion et dégradation sont permanentes et se favorisent mutuellement. En parlant des terres africaines, BRABANT P. (1992) avance que l'érosion hydrique diffuse, associée à la perte d'éléments nutritifs et d'humus, constitue la plus grave menace. Le risque climatique pourrait s'accroître dans le futur avec les changements climatiques qui vont modifier le régime des précipitations, augmenter la fréquence et l'intensité des chocs climatiques et induire des transformations des écosystèmes (GIEC, 2007). La dégradation affecte directement les productions agricoles.

4.1.1.4 La baisse des rendements, principale conséquence de la dégradation des ressources pédologiques

Dans le cercle de Banamba, l'agriculture est envisagée de manière à satisfaire en prioritaire les besoins fondamentaux de la population locale. On distingue les cultures céréalières, les cultures de rente et les cultures de contre saison (le maraichage). Les cultures céréalières sont qualifiées de céréales traditionnelles : il s'agit essentiellement du mil, du sorgho, du maïs, du fonio et du riz. Le tableau 25 donne la situation des principales productions céréalières pour la campagne agricole 2011-2012.

Tableau 25 : Les productions céréalières

Cultures	Superficies cultivées (en ha)	Production (en tonne)	Rendement (kg / ha)
Mil	64065,0	46447,0	725,0
Sorgho	41574,0	32755,0	787,9
Maïs	1358,4	2229,0	1640,9
Riz	468,0	559,0	1194,4
Fonio	524,0	243,0	463,7

Source : Secteur agricole de Banamba, rapport 2011-2012

Depuis 1990, les rendements des céréales de base (mil / sorgho) présentent une tendance à baisse (Figure 61).

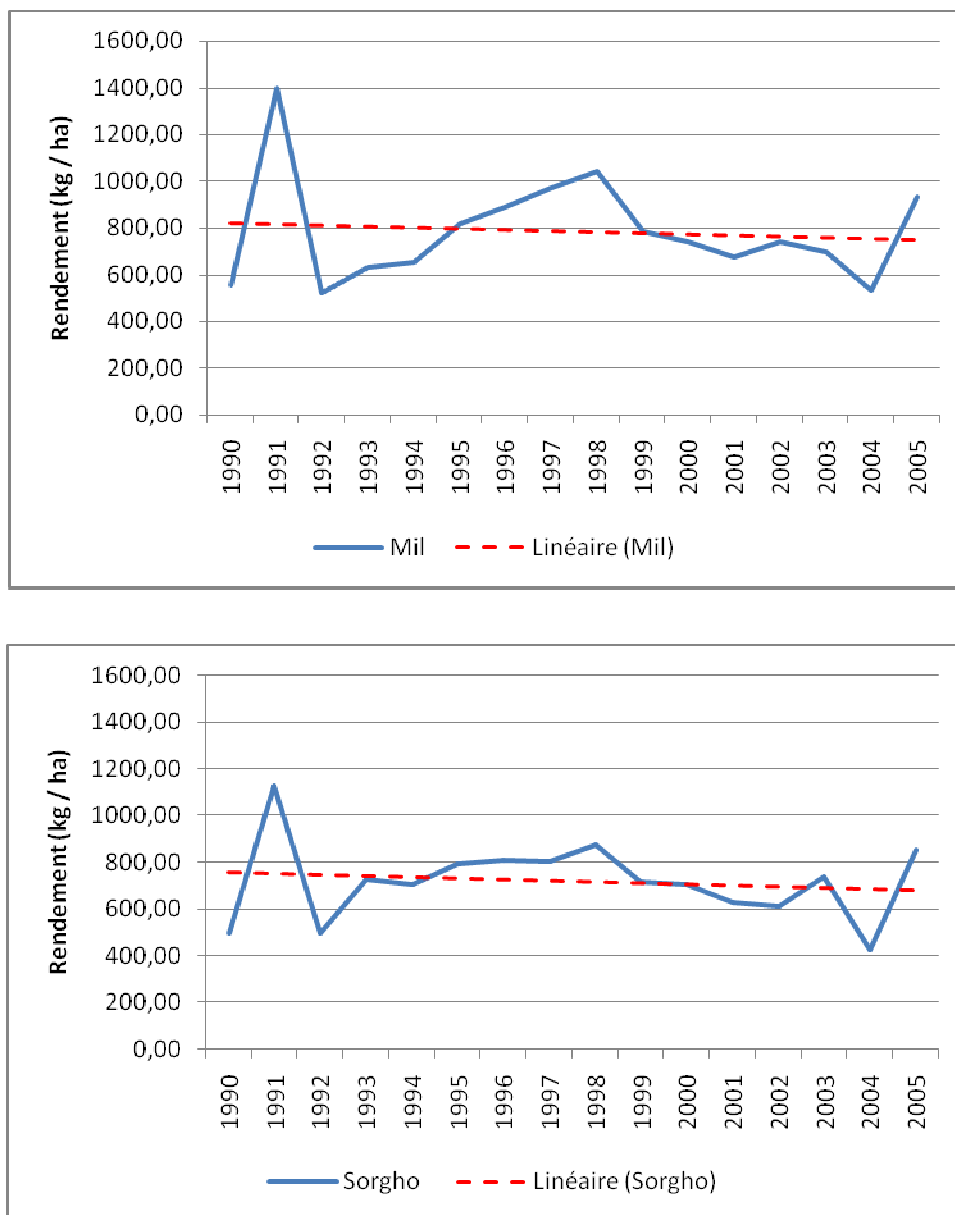


Figure 61 : Évolution des rendements mil et sorgho (Données CPS, Mali. www.countrystat.org)

N'DIAYE B. F., 2011

La baisse des rendements se traduit par une diminution des revenus des paysans et partant une baisse du niveau de vie. Lorsque la baisse du revenu engendre un déficit alimentaire important, l'une des conséquences est l'exode rural. En effet, comme l'a souligné PICOUE M. (2011), en Afrique subsaharienne, la mécanique migratoire est fortement dépendante des bonnes ou mauvaises années agricoles. Selon le cas, elle peut être ralentie ou activée.

Une autre réalité est que les populations pauvres dans leur situation de précarité, n'ont souvent d'autres recours que d'accentuer les prélèvements abusifs ou illicites sur les ressources (sol, végétation) quelque soit leur état.

4.1.2 : **Les stratégies de restauration des terres cultivées**

Les pédologues enseignent que le sol est une ressource naturelle non renouvelable à l'échelle humaine. C'est vrai lorsque l'érosion a détruit le mince horizon humifère qui couvre une roche dure, comme les calcaires ou les granites : en effet il faut 200 à 300 000 ans pour altérer un mètre de granite (ROOSE E., 2007). C'est beaucoup moins vrai pour certaines roches tendres comme les argilites, marnes, grès et schistes tendres, et même pour le basalte qui produisent 0,5 m d'altérite en moins d'un siècle.

Les multiples interventions des structures chargées d'accompagner les paysans dans leurs efforts d'adaptation aux effets de la dégradation des ressources naturelles rendent difficiles la démarcation entre les techniques purement traditionnelles et celles qui peuvent être qualifiées de « scientifiques ». Ce qu'il est important de souligner, c'est que face à la dégradation des terres cultivées, les paysans ne sont jamais restés passifs. Selon les contextes et en fonction de leurs moyens techniques, matériels et financiers, ils ont développé divers systèmes de création de sols nouveaux. Ils ont ainsi fait appel à la résilience du milieu naturel pour restaurer la productivité des sols dégradés par la culture (FLORET C. et SERPANTIÉ G., 1991) et de manipulations vigoureuses mais simples permettant aussi de restaurer rapidement la productivité des sols dégradés (ROOSE E., 1993). Il s'agit de techniques traditionnelles comme le paillage, la fumure organique et minérale (cendres) ou encore le zaï (technique complexe faisant intervenir le stockage de l'eau dans le sol), la fumure organique et minérale, les termites et le travail du sol en zone soudano-sahélienne (ROOSE E., 1994).

Dans le cercle de Banamba, plusieurs de ces techniques sont utilisées ; certaines plus que d'autres. Certaines techniques comme la jachère, très pratiquées par le passé, sont de plus en plus délaissées au profit de techniques permettant en même temps la restauration et la culture comme les amendements. (Tableau 26)

Tableau 26: Répartition des chefs d'UPA enquêtés selon les stratégies de restauration adoptées

Stratégies de restauration	Effectifs	%
Fumure / ordures ménagères	281	62,7
Engrais chimiques	46	10,3
Associations culturales	47	10,5
Mise en jachère	40	8,9
Réalisation de cordons pierreux	34	7,6
Total	448	100,0
Non concernés	12	

N'DIAYE B. F., 2011

4.1.2.1 La mise en jachère

C'est la plus ancienne mesure de restauration de la fertilité des champs devenus improductifs (FLORET C. et SERPANTIE G., 1991 *op cit*) utilisée par les paysans car très tôt ils ont remarqué la baisse du stock organique dans les sols cultivés de manière continue (VIZIER J.-F., 1994). La jachère, est un moyen de lutte contre la multiplication des herbes nuisibles aux cultures, en leur imposant de l'ombre pendant une période suffisante pour que de nombreuses graines perdent leur pouvoir germinatif. Elle permet aussi de reconstituer la fertilité des horizons superficiels des sols grâce aux éléments minéraux puisés en profondeur par les racines des arbres, à la fixation de carbone par le biais de la photosynthèse, et à la chute régulière des feuilles et autres matières organiques (DUFUMIER M., 2002). Il s'agit de jachère de très longues durées, puisque les jachères courtes (quelques années) ne permettent pas de remonter le taux de matière organique de manière significative (FOVET-RABOT C. et WYBRECHT B., 2002). Pour ces deux auteurs, seule une jachère de très longue durée le permet à travers la constitution et la transformation biologique d'une végétation importante. Telle qu'elle était pratiquée dans les sociétés traditionnelles, elle permettait effectivement, la « restauration » au sens strict des écologistes, qui consiste à interrompre les facteurs de dégradation pour permettre au milieu de retrouver naturellement la flore et la faune primitives et plus tard les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols originaux (ARONSON J. et al., 1993).

4.1.2.2 Les associations culturales

La monoculture constitue un danger pour la fertilité du sol car la même couche du sol est exploitée chaque année par la même culture. Aussi, planter la même culture chaque saison encourage le développement de certaines mauvaises herbes. C'est pourquoi, la plupart des systèmes agricoles traditionnels en Afrique sont ou ont été, au départ, des systèmes de

cultures associés, se traduisant par la présence plus ou moins simultanée sur le même terrain de plusieurs espèces végétales cultivées, parfois fort différentes quant à leurs produits, leurs étages morpho végétatifs, leurs stades phénologiques, leurs comportements agro-écologiques, etc., par exemple : céréales + légumineuses + plantes tubercules.

Les avantages de cette pratique sont a) une amélioration de la structure du sol et la fertilité du sol ; b) la réduction de la pression des mauvaises herbes; c) la réduction de la pression parasitaire; les insectes et maladies spécifiques à une culture voient leur cycle se briser par la plantation d'une autre culture. Ainsi, comme Bado nous le fait remarquer, une bonne succession des cultures permet de mieux améliorer la fertilité des sols qu'une jachère de courte durée (BADO B.V., 2002). Il y a même des indications selon lesquelles une bonne rotation permet de briser le cycle du *striga hermontica* (MAHRH 2008).

4.1.2.3 L'utilisation des engrais

Ils sont incontestablement les plus utilisés dans la lutte contre la dégradation chimique et biologique des terres cultivées. Traditionnellement dans le cercle de Banamba, seul l'engrais organique était utilisé dans le but d'enrichir les vieux champs.

4.1.2.3.1 Les ordures ménagères

Les ordures ménagères sont formées des résidus de la préparation des repas, de refus d'aliments de bétail (paille, herbacés, feuilles d'arbres et arbustes), des cendres, des balayures, des déjections des volailles et autres animaux qui vivent dans la cour et parfois de débris organiques provenant des toits de chaumes ou des clôtures. Elles restent souvent à proximité des habitations, dans les zones qui servent aux cultures de cases. La modalité d'application la plus fréquente consiste à répartir dans les parties pauvres du champ des tas de détritus ménagers qui seront ensuite répandus manuellement. Cet épandage peut intervenir immédiatement ou quelques jours, voire quelques semaines après le dépôt aux champs. Elles sont les plus utilisées puisque chaque UPA a ses ordures. Les principales contraintes à ce niveau restent le moyen de transport et l'éloignement de certains champs d'où le rôle de l'âne (CILSS, 2007).

4.1.2.3.2 La fumure organique ou compost

Le compost est de la matière organique issue de la décomposition d'un mélange de végétaux, de déjections animales et de terre. Il est riche en micro-organismes. Le fumier est le plus

souvent accumulé sous les pieds des animaux. Quelques rares fois certains paysans le retirent régulièrement des étables, parcs et autres lieux où les animaux séjournent pour le jeter dans des fosses fumières. Dans les deux cas, le fumier fermente grâce à l'humidité des urines et de l'eau de pluie. Les quantités produites dépendent du temps de séjour des animaux dans le parc. Un bovin de 250 kg (unité de bétail tropical – UBT) consomme chaque année environ 2,5 tonnes de matière sèche de fourrage dont un peu moins de la moitié est rejeté sous forme de bouses, parmi lesquelles 200 à 300 kg arrivent dans le parc de nuit. Mélangées à la terre, la production est ainsi 500 à 600 kg de poudrette par UBT et par an. (DUGUÉ P. et GIGOU J., 2002). Les contraintes liées à cette pratique sont la nécessité d'avoir assez de bétail, la difficulté de creuser et de vider la fosse une fois le compost obtenu, le problème d'eau pour l'arrosage (dans des situations où les moyens d'exhaure sont à peine suffisants pour satisfaire les besoins des hommes et l'abreuvement des animaux) et le manque de moyen de transport du compost au champ pour les paysans pauvres (CILSS, 2007).

4.1.2.3.3 Les engrais chimiques

Ils font leur apparition suite aux années de sécheresse et à l'intensification des cultures.

4.1.2.4 Les cordons pierreux et le paillage

Les cordons pierreux sont des dispositifs de pierre dans les champs afin de ralentir l'écoulement et favoriser l'infiltration. Cette technique en plus de constituer un moyen de lutter contre l'érosion hydrique, permet la recharge de la nappe par l'augmentation de l'infiltration dans les champs.

Le paillage consiste à laisser sur le champ notamment sur les loupes d'érosion, des tiges coupées de mil ou de sorgho, des branchages, ou de l'herbe après les récoltes. Il permet ainsi de lutter contre l'érosion éolienne et hydrique et/ou de restaurer les propriétés physico – chimiques des terres de culture en favorisant l'infiltration des eaux de pluies, la conservation de l'humidité et l'activité biologique des termites. Il faut tenir compte lors du traitement de paillage du sens d'écoulement des eaux et de la direction des vents dominants (CILSS, 2007). Le facteur le plus limitant à la mise en œuvre de cette technique est l'insuffisance de paille, qui est plus utilisée comme fourrages.

4.1.2.5 Des stratégies de restauration des terres évolutives

Depuis 1970, les stratégies de restauration des terres ont beaucoup évolué. Les lignes en pointillé qui sont des droites de tendance, obtenues par régression linéaire appuient l'idée qu'il y a des tendances souvent très significative de diminution ou d'augmentation de la pratique comme stratégie de restauration des terres dans le cercle de Banamba (figure 62).

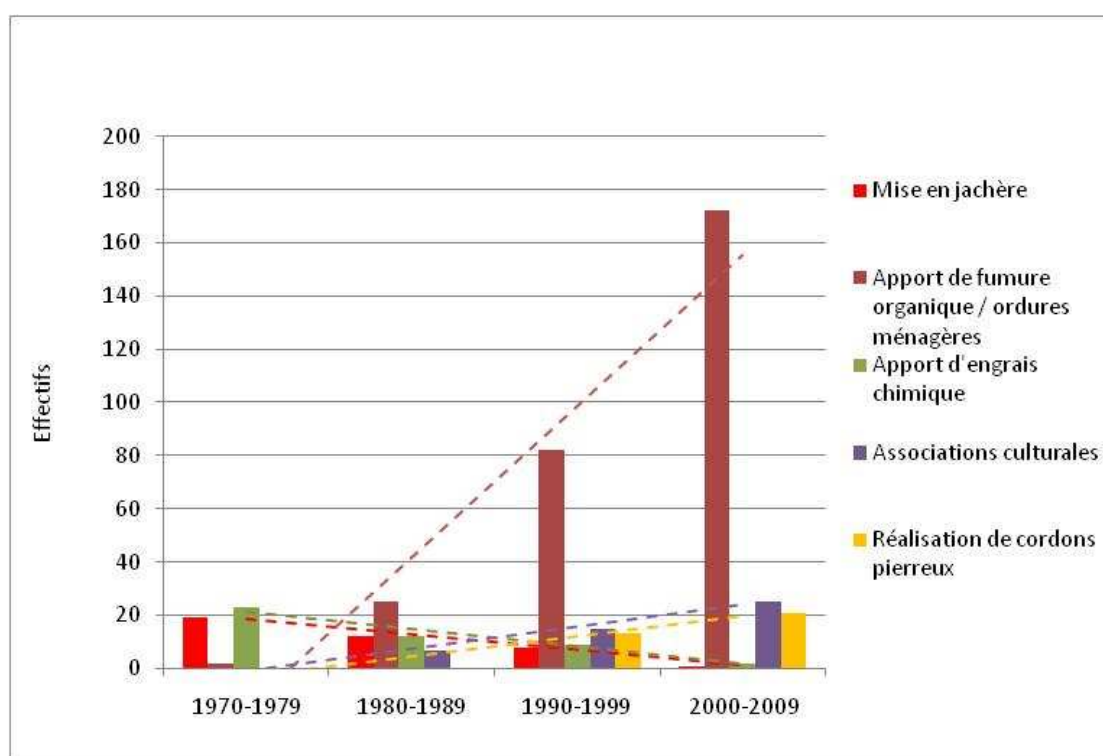


Figure 62 : Évolution des stratégies de restauration des terres entre 1970 et 2009

N'Diaye, B.F., 2011

La jachère, telle qu'elle était pratiquée par les UPA de Banamba et qui consistait à abandonner un champ pendant plusieurs années (quinze à vingt ans, voire plus) est en voie de disparition. En trente ans, la pratique de ce type de jachère a diminué de 94,7 %. Sur 19 chefs d'UPA pratiquant la jachère comme moyen de restauration des terres au cours des années 70, seulement 1 chef d'UPA continue toujours cette pratique de nos jours. L'accroissement des besoins alimentaires et non alimentaires amorcé depuis la fin des années 1970 en est la principale cause. Les paysans sont contraints de toujours produire pour non seulement nourrir une population qui connaît une forte croissance depuis 1976, mais aussi pour générer des revenus.

Toutefois, la réduction du temps de jachère porte atteinte aux fonctions qu'elle remplit dans l'entretien de la fertilité du milieu : accroissement du taux de matière organique, redistribution verticale des éléments minéraux, restauration de certaines propriétés physiques telles que la porosité, remontée biologique. La disparition progressive des jachères remet aussi en cause d'autres fonctions qu'elles remplissaient dans le système agraire, et qui pouvaient influencer très significativement sur l'entretien de la fertilité. MILLEVILLE P. et SERPANTIE G. (1994) soulignent particulièrement le rôle joué par la jachère vis-à-vis de l'élevage en région sahélo-soudanienne. Dans des systèmes agraires qui combinaient agriculture et élevage à l'échelle du terroir villageois, la jachère représentait souvent le lieu privilégié de prélèvement alimentaire et de stabulation des animaux au cours de la saison de culture. Il en résultait un apport de fumure régulier, d'autant plus important que la charge animale était forte. La tendance à la disparition de la jachère, en réduisant localement les ressources fourragères et les lieux de stabulation du bétail en saison des pluies, se traduit par une expulsion de plus en plus longue et massive des troupeaux hors du terroir villageois.

Comme la pratique de la jachère, les engrais chimiques sont de moins en moins sollicités. Il faut rappeler que l'utilisation des engrais chimiques a été encouragée et soutenue par l'Etat malien suite aux sécheresses des années 1972-1973 et 1983-1984. Mais il s'est avéré que pendant longtemps les subventions ont été jugées indispensables pour que les paysans utilisent ces engrais (DUGUÉ P. et GIGOU J., 2002). En effet, les engrais sont des produits lourds dont le prix rendu au champ est formé pour le tiers ou la moitié par le coût des transports. Le commerce des engrais dans les pays tropicaux, où les routes sont mauvaises et les transports très chers, est donc un métier difficile. Pour que l'engrais parvienne jusqu'au paysan à un prix favorable, ils devaient être commandés par des organismes de l'Etat ou paraétatiques, ou des sociétés de développement, en commandant des quantités importantes d'une seule formule d'engrais choisie pour la culture encadrée et souvent aussi pour les autres cultures. On s'est rendu compte progressivement que ce système en plus d'être coûteux, n'était pas toujours performant, et engendrait beaucoup de rigidité. Excepté la filière coton (qui, il est important de le souligner, est une culture de rente qui nécessite des quantités importantes d'engrais) où ce système d'approvisionnement en engrais a plutôt bien réussi parce que bénéficiant de crédit, les cultures vivrières (mil, sorgho) n'ont jamais réussi à organiser un approvisionnement en engrais durable suivant ce type d'organisation. Pas

étonnant que le taux d'abandon avoisine les 100 % (91,3 %). La principale cause d'abandon des engrais chimiques évoquée par les UPA est la cherté du produit.

Contrairement à l'évolution de la jachère, depuis la fin des années 1980, les UPA ont une propension de plus en plus forte vers les engrais et particulièrement les engrais organiques. La raison est certainement liée à leur caractère endogène. Il est vrai que dans biens des cas, les UPA disposent de ressources en travail et financières limitées, mais bon an, mal an ils disposent d'ordures ménagères.

4.2 Les ressources sylvicoles : utilisation, état, évolution et les stratégies d'adaptation

Les plantes se présentent comme des objets vivants, capables de fournir à l'humanité (directement ou indirectement) son alimentation, et d'occuper l'espace minéral dans lequel elles évoluent. En parlant de ressources sylvicoles, il est important de faire la distinction entre les formations végétales naturelles et les cultures pluviales. Les cultures pluviales sont cultivées annuellement par l'homme pendant la saison pluvieuse ou en contre saison. Elles constituent les plantes alimentaires de base. La végétation naturelle est définie comme celle ne résultant pas d'une action volontaire de l'homme. Elle a longtemps été le premier réservoir de ressources alimentaires, énergétiques et de matières premières pour l'espèce humaine. Même si la production agricole a de plus en plus recours à des espèces domestiquées et sélectionnées, la végétation naturelle est encore, pour les sociétés actuelles, un pourvoyeur important en matériaux, quel que soit leur niveau de développement. Elle fournit les bois d'œuvre et de service, le bois énergie, des produits alimentaires variés comme les fruits ou indirectement la viande de chasse, du fourrage pour le bétail, des substances diverses pour l'artisanat, l'industrie et les médicaments, etc.

Au regard du chapitre 3, on a depuis quelques années toutes les raisons de penser que le climat change conduisant à des modifications de la végétation, de la productivité et de la distribution des autres paramètres du climat. Le texte qui suit aborde justement, l'état des ressources sylvicoles, leur évolution et les facteurs d'évolution du point de vue des paysans.

4.2.1 : Les ressources forestières et leurs utilisations

Les arbres, arbustes et les espaces boisés jouent un rôle important dans le maintien des équilibres environnementaux et sociaux. Dans les zones arides et subhumides, la régression des formations ligneuses est un indicateur bien connu de dégradation. Leur disparition est une étape déterminante dans le processus de désertification pour deux raisons : les fonctions environnementales que remplissent les formations ligneuses (citons la protection des sols et le rôle de refuge pour les oiseaux) et les fonctions sociales et économiques, (approvisionnement en bois-énergie, en fourrage et en produit non ligneux) ne sont plus remplies.

4.2.1.1 L'arbre, « la poule aux œufs d'or » des populations rurales

Le thème de l'arbre occupe une place importante dans les contes africains. Parmi des significations multiples, il exprime le rapport d'une société à son environnement. L'arbre apparaît en effet comme le représentant privilégié du monde végétal, souvent assimilé à un être humain (CHASTANET M., 1992 ; BERGERET A., RIBOT 1990). Reprenons à cet effet ce conte soninké, recueilli par CHASTANET en 1982. Ce conte témoigne d'une valorisation ancienne et quelque peu oubliée du milieu végétal. Elle gagnerait aujourd'hui à être réactualisée avec la mise en place de différents projets de développement.

« Hyène et Oncle Lièvre décidèrent, pendant une famine, d'aller chercher de la nourriture pour leurs femmes. Oncle Hyène partit mais ne trouva que des vieilles peaux d'animaux. Oncle Lièvre partit lui aussi. Il marcha longtemps, longtemps et finit par « rencontrer » un arbre. Il s'arrêta sous son ombre et dit :

-Arbre, que ton ombre est fraîche !

-Tu as goûté à mon ombre mais tu n'as pas goûté mes feuilles.

Alors Lièvre prit une feuille et la goûta.

-Arbre, que tes feuilles sont bonnes !

-Tu as goûté à mes feuilles mais tu n'as pas goûté mon écorce.

Lièvre prit un bout d'écorce et la mit dans sa bouche. Il dit :

-Arbre, que ton écorce est bonne !

-Tu as goûté à mon écorce mais tu n'as pas goûté ce qu'il y a dans mon ventre.

-Comment en avoir ?

-Si tu dis « dunwari », je m'ouvrirai. Si tu dis « dungiccina », je me fermerai.

Lièvre dit « dunwari ». Alors l'arbre s'ouvrit. Il y entra et mangea, mangea tout son soul. Quand il fut rassasié, il prit de la nourriture et la rapporta à sa femme.

Une fois de retour au village, Lièvre dit à Oncle Hyène qu'il avait « rencontré » un arbre, qu'il avait mangé tout son soul et qu'il avait rapporté de la nourriture à sa femme. Hyène dit :

-Montre-moi où tu as trouvé cet arbre. J'irai à mon tour demain matin. Quand je serai rassasié, je rapporterai de la nourriture à ma femme.

-Oui, répondit Lièvre, je te montrerai demain matin.

Lorsqu'ils partirent le lendemain, Lièvre indiqua le chemin :

-Tu marcheras, marcheras jusqu'à atteindre cet arbre là-bas. Tu t'arrêteras dessous en disant « que ton arbre est bonne ! ».

Hyène marcha jusqu'à l'arbre en question. Il dit :

-Arbre, que ton ombre est bonne !

-Tu as goûté à mon ombre mais tu n'as pas goûté mes feuilles.

Hyène pris une feuille et la mit dans sa bouche.

-Arbre, que tes feuilles sont bonnes !

-Tu as goûté à mes feuilles mais tu n'as pas goûté mon écorce.

Hyène prit un bout d'écorce et la mit dans sa bouche. Il dit :

-Arbre, que ton écorce est bonne !

-Tu as goûté à mon écorce mais tu n'as pas goûté ce qu'il y a dans mon ventre.

-Comment en avoir ?

-Si tu dis « dunwari », je m'ouvrirai.

Hyène dit « dunwari », et l'arbre s'ouvrit. Il y entra et mangea, mangea tout son soul. Quand il sortit, il dit « dungicci » et l'arbre se referma. Hyène se dit alors : « Ah ! Si j'avais quelqu'un pour m'aider à porter cet arbre ! » L'arbre lui répondit :

-Tu n'as pas besoin d'un porteur, je peux t'aider moi-même. Mets ton coussinet sur la tête.

Hyène s'exécuta puis mit l'arbre sur sa tête et l'emporta au village. En arrivant, il appela : Siya ! Siya ! J'ai rapporté quelque chose de la brousse ! Viens m'aider à me débarrasser de ce fardeau !

Siya vint mais ne réussit pas à l'aider.

-Et bien ! Dis à des gens de venir !

Elle appela des gens mais ils ne réussirent pas davantage.

-Et bien ! Appelle la moitié du village !

La moitié du village vint mais tout le monde échoua.

-Appelle tout le village !

Le village entier se déplaça mais en vain.

Hyène resta écrasée sous le poids de l'arbre. Il finit par en mourir. Alors l'arbre partit et retourna à sa place ».

Dans la réalité, les populations rurales continuent de faire appel aux produits de cueillette surtout en période de crise. Le lièvre est toujours un personnage positif dans les contes. Il apparaît dans ce contexte comme un être intelligent, raisonnable et, chose plus rare, généreux. L'hyène est un personnage traditionnellement comique et négatif. Elle est ici avide et insatiable. L'arbre, dont l'espèce n'est pas précisée, représente à lui seul tous les arbres mais aussi, dans ce contexte de famine, toutes les plantes de la brousse. Son ombre, ses feuilles, son écorce évoquent de façon assez réaliste les multiples usages des arbres en Afrique. C'est l'arbre nourricier qui contient des ressources inépuisables, si l'on sait en user avec modération.

Il est fastidieux de citer toutes les utilisations faites de l'arbre. Mais rappelons quelques-unes d'entre elles. Bien entendu, il ne s'agit pas de traiter de la valeur nutritive de telle ou telle espèce végétale encore moins de leurs vertus thérapeutiques (nous n'avons d'ailleurs pas les

moyens de le faire), mais seulement d'en décrire les usages. Par ailleurs, il est clair que toute catégorisation selon l'usage n'est qu'indicative et reste restrictive dans la mesure où la diversité des usages possibles d'une même plante, d'une société à l'autre comme à l'intérieur d'un même groupe d'utilisateurs, est un fait largement admis et rapporté.

4.2.1.2 L'arbre, un complément alimentaire pour l'homme

En ce qui concerne les ressources naturelles renouvelables, les travaux questionnent essentiellement les potentialités locales de gestion d'une biodiversité élevée, mais menacée. De nombreux travaux sont des inventaires, des catalogues et des descriptions des utilisations alimentaires des plantes (IRVINE F.R., 1956 ; BUSSON F., 1965 ; BERGERET A., 1986, LIENGOLA B.L., 1989, etc.). Les données d'enquêtes pondérales concernant les utilisations alimentaires sont lacunaires du fait de leur coût et de leur difficile mise en œuvre. Les marges d'erreurs en milieu rural sont importantes et en grande partie dues aux consommations hors-repas, importantes pour certains types d'aliments (fruits de bouche, boissons) et pour certains groupes d'individus, notamment les enfants, les chasseurs (KOPPERT G. et al., 1996).

Certaines plantes alimentaires (alimentation de l'homme) sont mieux connues que d'autres. Les plus communes concernent les plantes à fruits, les plantes à feuilles comestibles (les "brèdes"), les plantes oléagineuses, les plantes condimentaires, aromates et épices. On y trouve des arbres, arbustes et des herbacées. Notons entre autres, la pulpe farineuse blanche (pain de singe) de *Adansonia digitata* (Baobab), et celle fermentée des gousses de *Parkia biglobosa* (nééré) et de *Tamarindus indica* (tamarinier), dont le goût relevé assaisonne les sauces de toute l'Afrique occidentale (BOLZA E., KEATING W.G., 1972, KATER J.M. et al. 1992, SABIITI E.N. et COBBINA J., 1992). Une mention particulière doit être faite des fruits de *Vitelliria paradoxa* Gaertn F (karité), *Ziziphus mauritiana* Lam (Jujubier), *Mangifera indica* L (Manguier), *Annona senegalensis* Pers (Mandé sounsoun) qui en plus d'être des aliments d'appoint de taille, alimentent le commerce local et même international.

Parmi les plantes à feuilles alimentaires ou brèdes, citons : *Adansonia digitata* L dont les feuilles fraîches, bouillies ou séchées servent à préparer des sauces ; *Corchorus tridens* L. le célèbre 'fokouhoye qui fait la réputation des cuisinières du Nord ; *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Commibretum micranthum* G. (Kinkeliba) dont les feuilles infusées donnent une boisson prise comme du thé.

Comme plantes à fleurs comestibles nous avons *Hibiscus sabdariffa* L. (Dableni) dont la fleur infusée ou bouillie donne de la boisson.

Les oléagineux sont également très diversifiés. *Vitelliria paradoxa* Gaertn F est incontestablement l'espèce oléagineuse la plus connue et la plus utilisée par les populations du cercle. Il fournit notamment le beurre de karité pour la cuisine, du savon, des bougies, de la pommade et de l'enduit pour les matériaux de construction.

A une échelle plus grande, plusieurs études soulignent l'importance des consommations hors repas par les enfants (MIGNOT J.M., 1996). Outre l'intérêt nutritionnel évident, ces consommations tiennent un rôle également éducatif (apprentissage de la brousse, et les enfants sont les dépositaires d'un savoir sur des ressources que les adultes négligent), et social (renforcement de liens entre jeunes de même classe d'âge, entraide lors du gardiennage de troupeau où lors d'étapes initiatiques telle que la circoncision). En période de soudure, la capacité des enfants à trouver eux-mêmes leurs ressources énergétiques soulage les parents. Beaucoup des fruits et tubercules récoltés par les enfants, sont des appoints alimentaires précieux.

4.2.1.3 L'arbre, principale source d'énergie des populations

Le bois est le principal combustible domestique pour les ménages de Banamba. Il est destiné à la fois à l'usage domestique et à celui des unités industrielles de petite taille. Traditionnellement, le bois de feu est prélevé par la population dans les formations boisées proches des villages. Il est, soit ramassé en tant que bois mort dans les formations naturelles, soit récolté après défrichement d'une jachère. En principe tous les arbres et arbustes peuvent être employés comme combustibles à condition d'être assez secs. Mais leurs propriétés varient considérablement. HAUTDIDIER B. (2001) cité par GAZULL L. (2008) a interrogé 59 exploitants en 2001 pour connaître leur préférence en matière d'espèces coupées pour le bois de feu et pour la confection du charbon. Sur un total de 50 espèces d'arbres utilisés pour le bois-énergie dans le bassin de Bamako, il ressort de cette étude que, pour le bois de feu, seulement cinq essences sont significativement citées à savoir *Combretum glutinosum* qui totalise 50 % de citations, *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis* entre autres.

Pour le charbon, la sélection des espèces récoltées est encore plus forte. Trois espèces dominant largement les réponses : *Prosopis africana*, *Burkea africana* et *terminalia*

macroptera. Les charbonniers sélectionnent les bois de manière à obtenir un charbon le plus dense et le plus dur possible, à haut pouvoir calorifique brûlant sans fumée désagréable ni jets d'étincelles.

Sous l'effet conjugué de l'insécurité alimentaire, de la croissance démographique, les populations vont de plus en plus loin pour chercher du bois et des espèces médiocres qui ne sont utilisées qu'en dernière extrémité. Par ailleurs, la contribution du bois de feu en tant que source d'énergie ne se limite plus aux seules populations locales. La demande urbaine représente une part importante du bois de feu et du charbon. Selon des estimations récentes de la SED/Volet Offre, près de 600.000 tonnes d'équivalent bois (330.000 tonnes de bois de chauffe et 40.000 tonnes de charbon de bois) ont été acheminés à Bamako en 1994 en provenance de régions situées dans un rayon de 200 Km autour de la capitale.

4.2.1.4 Les usages pharmaceutiques des plantes : la pharmacopée

De nombreuses références abordent l'usage combiné des plantes comme remède et comme aliment. Les travaux d'ETKIN N. L. (1986, 1994) concernant les conséquences de la consommation alimentaire de plantes sur la santé, sont parmi les plus importants. Par ailleurs on doit à certains ethnologues d'avoir analysé la perception traditionnelle des liens alimentation/ santé par l'étude plus holistique des comportements alimentaires (ETKIN N.L. et ROSS P.J., 1983).

4.2.1.5 L'alimentation du bétail

La connaissance des plantes fourragères est importante dans les domaines phytogéographiques sahélo-soudanien. Une bonne maîtrise des transhumances suppose également une bonne connaissance des végétaux toxiques pour le bétail. Les pasteurs connaissent bien ces plantes, leurs effets, et les remèdes à administrer en cas d'ingestion éventuelle. La transhumance des troupeaux est rythmée par les variations saisonnières et les périodes de baisses drastiques des ressources. Les espèces à phénologie inversée, dont le feuillage est vert pendant la fin de la saison sèche, sont indispensables à la survie des animaux : *Acacia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Bauhinia rufescens* Lam, *Calotropis procera*.

Le fourrage herbacé est essentiellement constitué de plantes annuelles. Il est dominé par les espèces, *Andropogon pseudapricus*, *Elionurus elegans*, *Microchloa indica*, *Diheteropogon hagerupii*, *Loudetia togoensis* et *Pennisetum pedicellatum*.

Il ressort de quelques études que l'on doit à des vétérinaires et à des agrostologues du Cirad-EMVT (Atlas élevage et potentialités pastorales sahéliennes 1985-1993) que comme chez l'homme, la santé du bétail s'exprime souvent via l'alimentation. Ainsi l'arbuste *Calotropis procera* fournit un fourrage réputé galactogène (GILLET H. 1968, AG SIDIYENE E., LE FLOCH E., 1996).

4.2.1.6 Les autres usages des plantes

Le domaine de l'usage matériel des plantes dans un cadre domestique, est très étendu, de même que celui des usages à des fins artistiques. Nous en évoquons quelques-uns à titre indicatif car les mentionner tous serait trop fastidieux.

Le domaine le plus important est certainement celui de la construction. Ce domaine à lui seul est vaste et couvre des réalisations diverses : la menuiserie, le mobilier, l'échafaudage, l'outillage, la construction (poteaux, traverses, charpente, clôtures, perches, etc.).

Les plantes fournissent également vannerie et sparterie pour les outils de portage et les paniers de stockage ainsi que les outils d'artisans, instruments aratoires, armes (manches hache, sabre) et les instruments de cuisine (bols, assiettes, cuillères, mortiers, pilons, gourdes, etc.). Ce domaine, comme le souligne Walker A, il ya déjà plus de 70 ans, est d'une diversité sans borne. Chaque population apporte sa touche personnelle dans la forme, l'origine végétale, la fonction, la technique d'utilisation et l'esthétique de ses objets usuels (WALKER A., 1938).

Rappelons encore une fois de plus la diversité des usages possibles d'une même plante. A titre d'exemple, l'emploi des palmiers apparaît dans tous les registres possibles des utilisations des plantes, et quasiment toutes les parties de la plante sont utilisables. Il en est de même du baobab, dont à part le bois, mou et qui ne peut être employé en construction ou menuiserie, toutes les parties sont utilisables : alimentation, artisanat, pharmacopée. Etc. Ces plantes utiles, qui interviennent dans tous les compartiments de la culture sociétale, ont dans leur grande majorité soutenu des économies de subsistance (HART J.A., 1978). Compte tenu de leur importance, il est judicieux de prêter une attention particulière à leur évolution. Et ce d'autant plus que depuis quelques années, elles subissent de plein fouet la pression de la population et du climat.

4.2.2 : Les perceptions des paysans sur l'état actuel des ressources sylvicoles et leur évolution entre 1970 et 2009

Au cours des enquêtes, les chefs d'UPA ont été sollicités pour donner leur opinion sur l'état actuel de la brousse dans les termes suivants : très dégradé, dégradé, non dégradé. Le tableau 27 présente la distribution des opinions sur l'état de la brousse. Les paysans dans leur grande majorité pensent que la brousse est dégradée et même très dégradée. Respectivement, 28 % et plus de 71 % des répondants soutiennent que la brousse est dégradée ou très dégradée.

Tableau 27 : Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur l'état actuel de la brousse

Etat actuel de la brousse	Effectifs	Pourcentage
Très dégradé	328	71,3
Dégradé	129	28,0
Ne sais pas	3	0,7
Total	460	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

Selon les déclarations des paysans, la dégradation de la brousse commence au cours des années 1970 (Figure 63). Cette période coïncide avec la sécheresse des années 1968-1973 au sahel, celle de 83-84 et de 90-91.

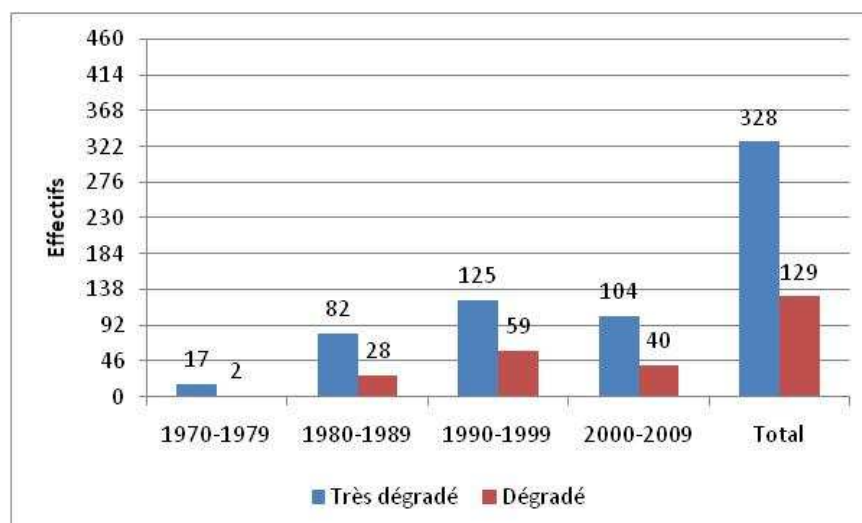


Figure 63 : Perception des chefs d'UPA sur l'évolution de la dégradation de la brousse entre 1970 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

Un indicateur très important de la dégradation constatée par les paysans est la disparition, la rareté ou l'apparition de nouvelles espèces parasites (Figure 64).

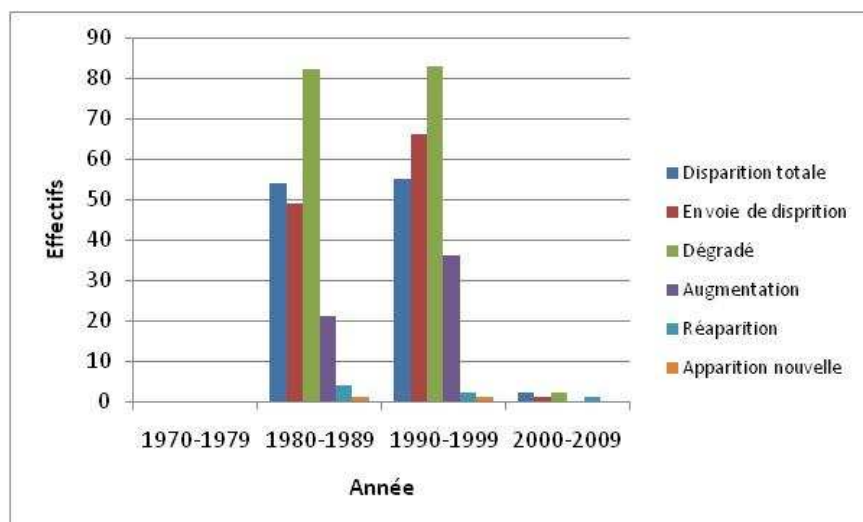


Figure 64 : Opinion des chefs d'UPA sur l'évolution des espèces sylvoles utilisées entre 1970 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

4.2.3 : Les perceptions des paysans sur les facteurs de dégradation des ressources sylvoles

Pour déterminer les facteurs de dégradation, il a été demandé aux chefs d'UPA de se prononcer sur les facteurs de dégradation de la brousse. A l'exception d'un très petit nombre, ils se sont prononcés dans les termes suivants : déficit pluviométrique, feux de brousse, coupes abusives et défrichements incontrôlés. Une majorité des paysans, près de 42 %, considèrent que la dégradation de la brousse est naturelle ; le déficit pluviométrique étant cité comme le facteur n°1. Les paysans eux aussi ne sont pas en reste. Plus de 28 % pensent qu'ils sont responsables de cette dégradation à travers les feux de brousse qu'ils organisent et le même pourcentage à travers les coupes abusives et les défrichements incontrôlés (Tableau 28).

Tableau 28 : Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur les facteurs de dégradation de la brousse

Facteurs de la dégradation	Effectifs	Pourcentage
Déficit pluviométrique	192	41,7
Coupes abusives / défrichements incontrôlés	133	28,9
Feux de brousse	132	28,7
Ne sait pas	3	0,7
Total	460	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

4.2.3.1 Le déficit pluviométrique

Le climat a une influence prépondérante sur la vie des plantes, tant par la pluviosité que par la température, l'humidité et le vent. Les rapports pluviosité / productivité établis par LE HOUÉROU H.N. et HOSTE CH. (1977) et cités par PENNING DE VRIES F.W.T. et DJITEYE M.A. (1982), montrent qu'en zone Sahélienne et soudanienne chaque millimètre de pluie produit 2,5 kg de biomasse aérienne, ou 1 kg de matière sèche consommable par hectare. SICOT (1979) cité par PENNING DE VRIES F.W.T. et DJITEYE M.A. (1982, op cit), a constaté qu'à partir de 173 mm infiltrée, 1 mm du stock produit 10 kg de matière sèche/ha. La productivité des feuilles et des fruits des ligneux fluctue donc avec la pluviosité confirme POUPON (1977) dans l'œuvre de PENNING DE VRIES F.W.T. et DJITEYE M.A. (1982).

Par ailleurs, une expertise²⁴ qui s'est appuyée sur environ 200 références bibliographiques sélectionnées parmi les plus significatives de la littérature internationale arrive à la conclusion que les végétaux dépendent des ressources en eau disponibles (pluies, réserves du sol et irrigation), puisque la production végétale est fortement dépendante de la quantité d'eau évapotranspirée par les cultures (AMIGUES J.P. et al. 2006).

4.2.3.2 Les feux de brousse

Le feu a des effets directs (destructifs) ou indirects sur le sol et la dynamique de la végétation. Le feu malgré ses avantages pour l'élevage en savane (destruction des parasites, stimulation des repousses ...), est cité par beaucoup d'auteurs comme facteur anthropique à l'origine des savanes tropicales. Selon BELLEFONTAINE R. et al. (1997) cité par COULIBALY D. (2002), les feux, utilisés notamment par les éleveurs pour favoriser la reprise des graminées, nuisent à la productivité de la végétation ligneuse. Selon PENNING DE VRIES F.W.T. et DJITEYE M.A. (1982), de grandes parties des steppes arborées du Sahel, des savanes soudanaises et guinéennes, sont tous les ans soumises aux feux qui sont pour la plupart provoqués par l'homme. Au Mali, les feux de brousse constituent un sérieux motif d'inquiétude. Ils consomment par an environ 14 millions d'ha de parcours au détriment du pastoralisme (DNEF 2012)

²⁴ Il s'agit notamment de l'Expertise scientifique collective réalisé en 2006 par l'INRA. Le rapport a été publié sous le titre « Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau ».

Toutefois ces supposés effets destructeurs du feu sur la brousse sont à relativiser. Pour bien de chercheurs, le feu n'est pas une cause de déforestation, il n'est au mieux qu'un outil à cet effet (Bertrand A., et al., 2002). Pour ces chercheurs, la jachère, et plus généralement la végétation naturelle, accumule des quantités importantes de minéraux dans la biomasse végétale, la litière et les matières organiques du sol. Mais le sol sous jachère reste très pauvre en éléments minéraux assimilables car ils sont absorbés par la végétation. C'est le feu, au moment du défrichage, qui libère ces éléments minéraux et fertilise les terres. L'azote et le soufre sont cependant transformés en produits volatils et évacués dans l'atmosphère. Ils sont ainsi perdus pour le système plante/sol alors que 50 % de l'azote de la paille broutée par le bétail retourne dans le système par les urines et les matières fécales. Ces pertes d'azote et de soufre dépendent de la richesse des matières végétales brûlées. Elles sont très faibles avec les tiges de graminées à maturité, qui contiennent souvent seulement 1 ou 2 kg de N par tonne de matière sèche. Au contraire, des tiges qui n'ont pas atteint la maturité, par exemple les années très sèches, contiennent beaucoup plus d'azote.

Les autres éléments minéraux forment les cendres. Une petite partie de ces cendres peut être entraînée dans les fumées ou des flammèches, surtout si le feu est très chaud, et dispersée dans l'atmosphère. La plus grande partie reste sur le sol, où elle forme une poudre très fine, facilement déplacée par le vent. Le plus souvent, le vent ne fait que regrouper les cendres dans les creux du sol ou autour des souches incomplètement brûlées. Quand le vent est plus violent, il soulève les cendres qui peuvent être soit déposées sur les arbres à proximité, soit emportées au loin. Seule cette dernière partie constitue une perte pour le terroir. Ces chercheurs viennent à la conclusion que malgré ces pertes, l'apport minéral lié au brûlis est considérable : P, K, bases échangeables, oligo-éléments. La minéralisation ultérieure de la matière organique du sol et la fourniture progressive de l'azote aux cultures sont également favorisées. Les cendres sont basiques et le pH du sol est augmenté de 1 à 2 unités en surface, ce qui permet selon eux de cultiver des sols acides.

Le feu ne permet toutefois un apport important que dans la mesure où la végétation disponible pour être brûlée est elle-même importante. Ce qui n'est malheureusement pas le cas de la zone d'étude. En plus, même si les agriculteurs connaissent bien la relation qui existe entre le développement intense d'une jachère herbacée puis arborée protégée du feu et l'état de fertilité

du sol, après remise en culture de cette jachère, plusieurs contraintes font qu'ils ne peuvent respecter la fréquence des feux qui reste un paramètre essentiel à prendre en considération.

Dans le contexte actuel où la gestion des jachères est peu fréquente, où les règles de gestion des espaces non cultivés ne sont pas respectées par tous, où le feu est difficilement maîtrisé et où le pâturage n'est pas raisonné, il faut bien convenir avec WALKER H. (1980) ainsi qu'avec nos paysans que les feux fréquents empêchent la formation de litière, modifient les sols à texture lourde (glaçage en surface). Cela peut diminuer l'infiltration en profondeur et risquant ainsi d'entraîner la disparition des forêts tropicales.

4.2.3.3 La coupe abusive et les défrichements incontrôlés

Pour mieux évaluer la dynamique de l'occupation du sol, des études diachroniques ont été réalisées au niveau des trois sites (Communes) d'étude en tenant compte de l'étendue importante du cercle d'étude. Il s'agit des communes de Benkadi, Duguwolowula et Madina Sacko. Leur superficie correspond à 24 % de l'ensemble de la zone d'étude.

Un des objectifs visés par la réalisation de l'étude diachronique est de dégager les grands changements intervenus dans le temps et dans l'espace aux fins d'une planification adéquate dans la gestion des ressources naturelles et d'en évaluer leurs causes. Les données obtenues de l'interprétation des images ETM de Landsat de décembre 1972, novembre 1986 et de décembre 2006 de chaque site ont été analysées et comparées. Un rapide coup d'œil sur les figures 65, 66 et 67, présentant la dynamique de l'occupation du sol des trois sites étudiés entre 1972 et 2006, révèle de profonds changements au niveau de la végétation.

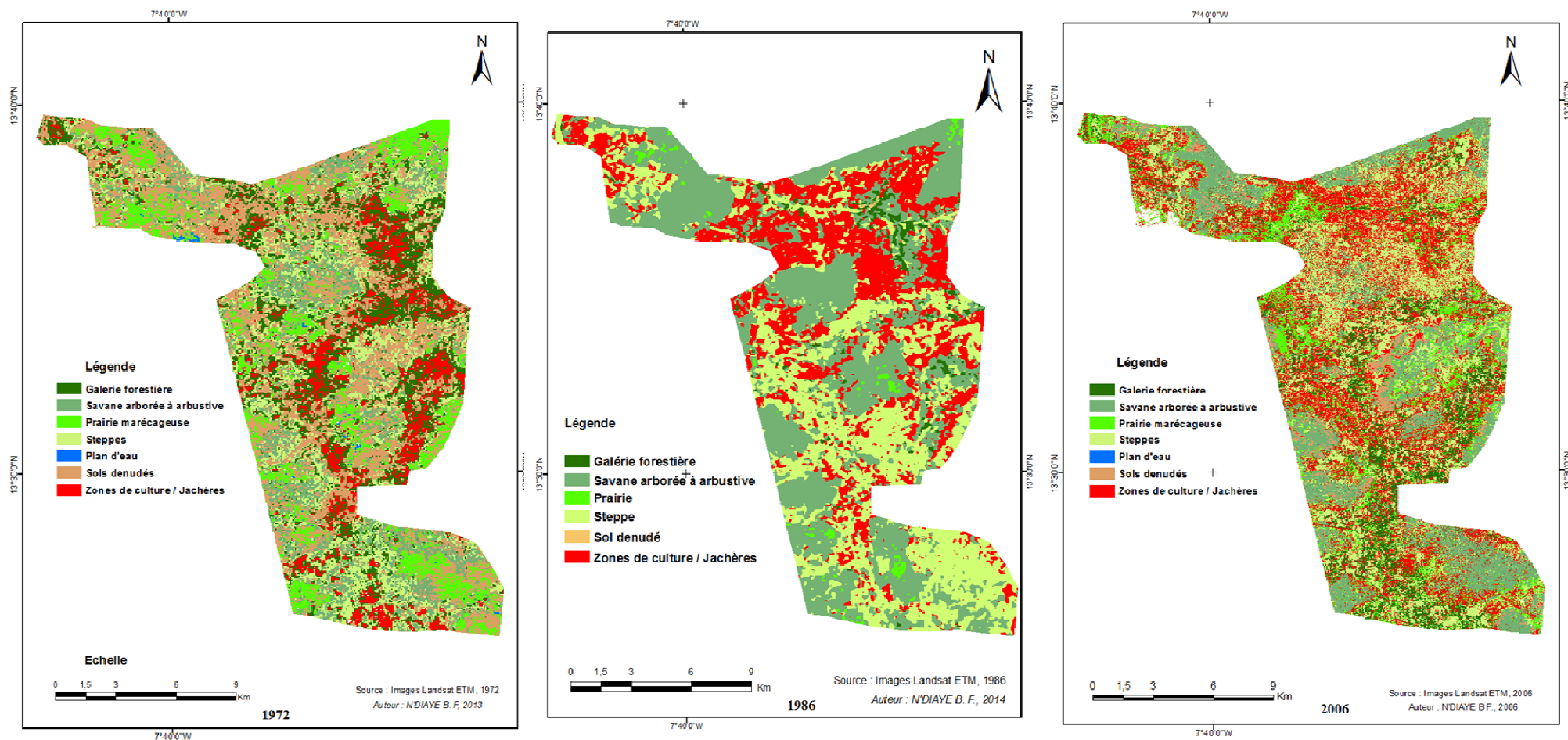


Figure 65 : Carte des dynamiques d'occupation du sol dans la commune rurale de Ben-kadi

N'DIAYE B. F., 2013

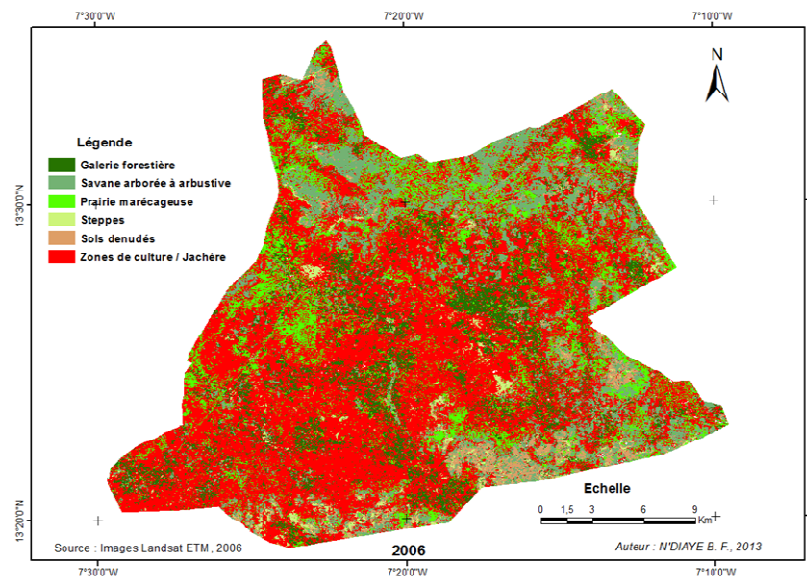
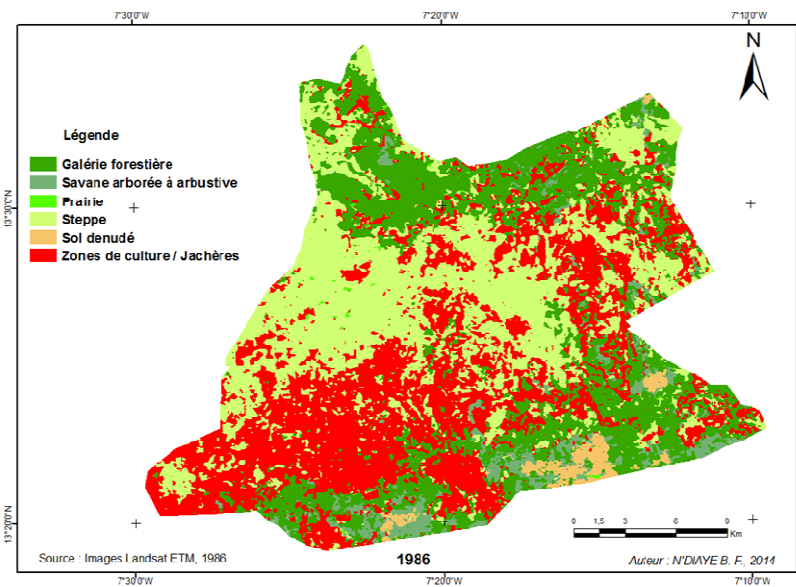
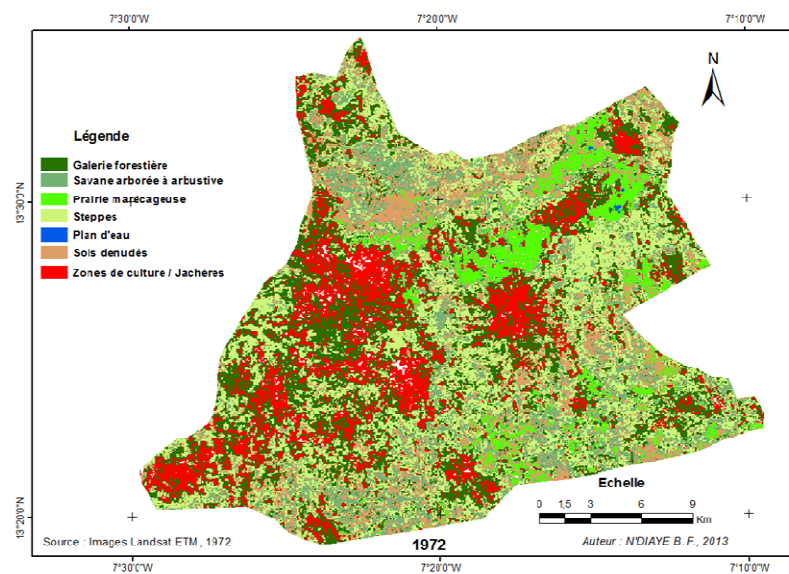


Figure 66 : Carte des dynamiques d'occupation du sol dans la commune rurale de Duguwolo Wula

**N'DIAYE B. F.,
2013**

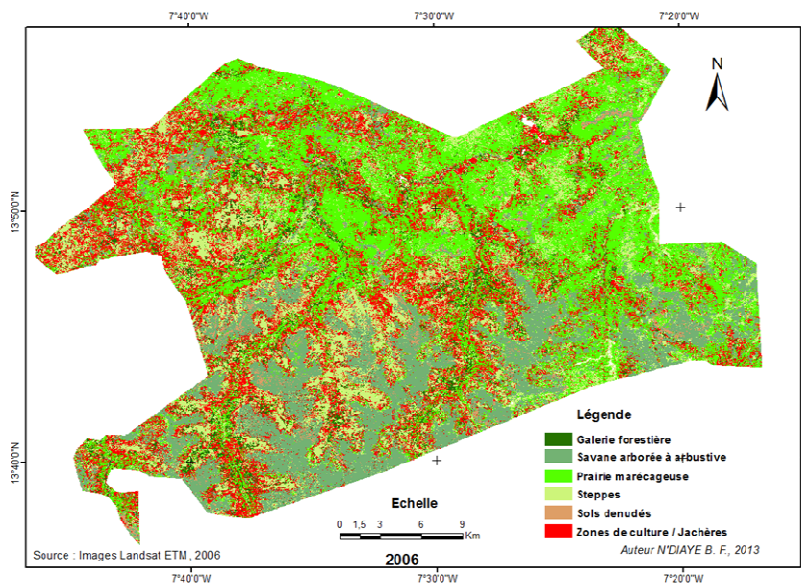
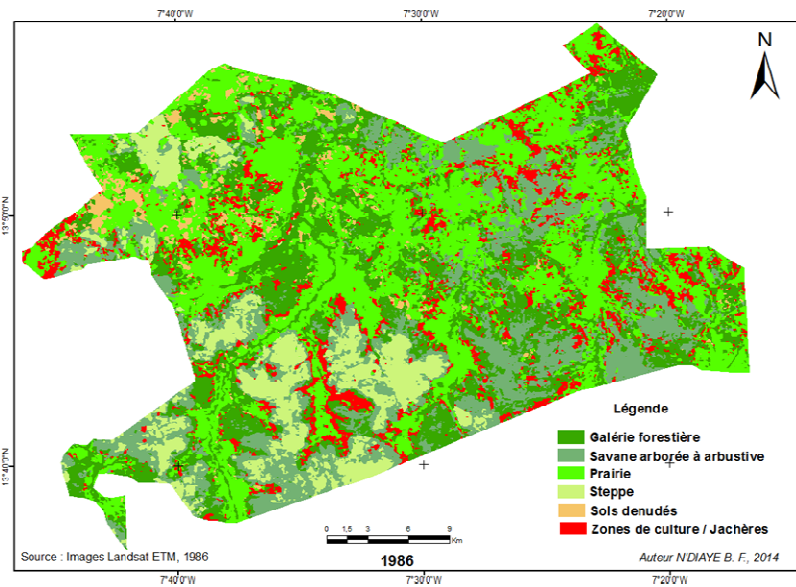
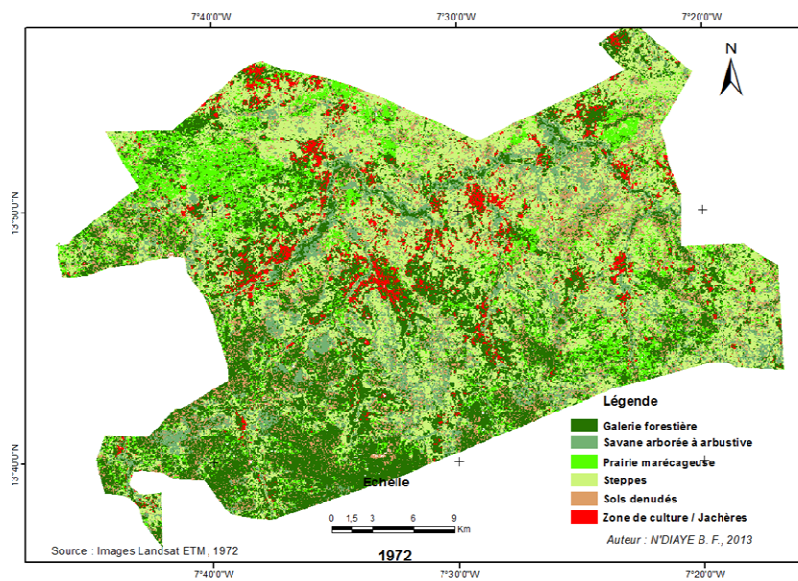


Figure 67 :
Carte des
dynamiques
d'occupation du
sol dans la
commune
rurale de
Madina Sacko
N'DIAYE B. F.,
2013

Des observations plus détaillées ont été faites sur quelques unités de l'occupation pour apprécier leur dynamique entre 1972 et 2006 : galerie forestière, savane arborée arbustive, steppes, zones de cultures et jachères. Pour chaque unité de l'occupation du sol, le taux d'évolution annuel est calculé selon la formule ci-après :

$$T_{\text{annuel}} = \frac{Vi_{2006} - Vi_{1972}}{100 \times P}$$

où Vi₂₀₀₆ représente la valeur des statistiques de la strate i en 2006 ;

Vi₁₉₇₂ est la valeur des statistiques de la strate i en 1972 ;

P est la durée de la période d'observation entre 1972 et 2006 qui est 35 ans.

Les résultats de l'interprétation des images satellitaires des trois communes révèlent de façon générale une tendance à l'augmentation des unités sans végétation notamment les champs et jachères. Corrélativement, on assiste à une régression des formations végétales (galeries forestières, savanes arborées et arbustives, steppes) surtout à partir de 1986. Les taux d'évolution au sein même des unités varient avec de grandes amplitudes d'un site à un autre (Figure 68)

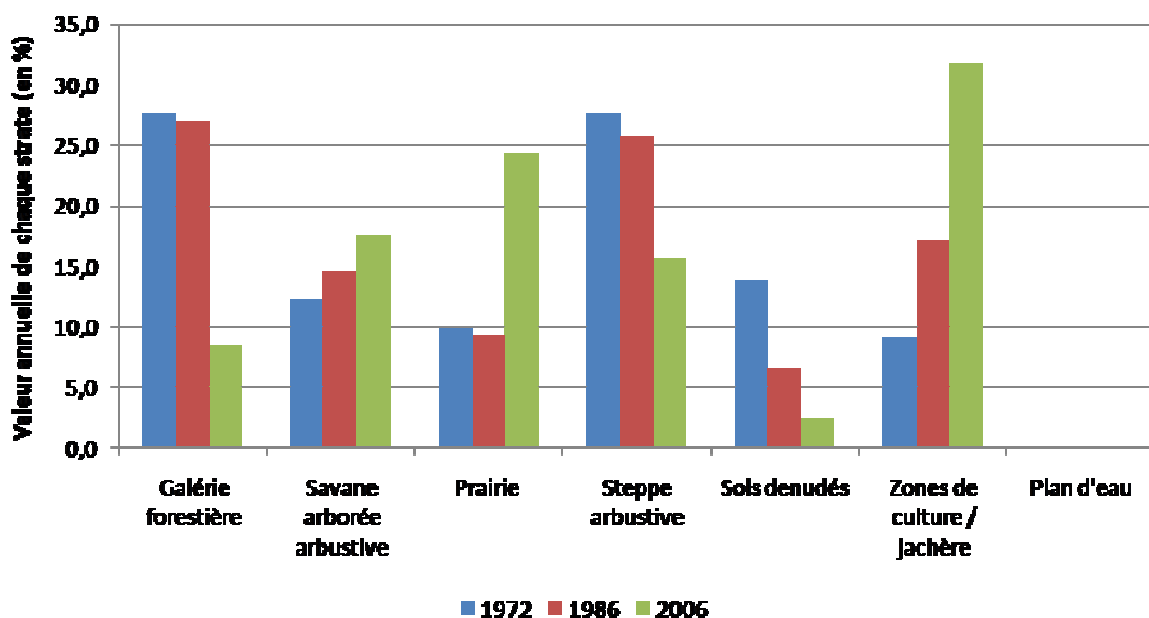


Figure 68 : Dynamique de l'occupation du sol de 1972 à 2006

N'DIAYE B. F., 2013

4.2.3.3.1 La galerie forestière

Pour l'ensemble des trois communes, sa régression intervient surtout à partir de 1986. Elle est passée de 27 % de superficie occupée à 8,4 % soit un taux de régression de 69 %. Cette unité est spécialement dégradée au profit des espaces cultivés. De même, les animaux en transhumance pendant la saison sèche participent à cette dégradation, à travers la recherche des ressources fourragères et de l'eau. Cela est dû au fait que cette unité est la seule qui conserve encore de la verdure pendant la période sèche (Oloukoi J. et MAMA V.J., 2004). Le taux de régression le plus fort est enregistré dans la commune de Madina Sacko où il atteint 8 %. Cela équivaut à une perte annuelle de 3000 ha.

4.2.3.3.2 La savane arborée à arbustive

La savane arborée disparaît de plus en plus pour évoluer progressivement en d'autres formations plus claires suite à des pressions démographiques fortes. Ces pressions se manifestant par un besoin croissant de terre pour l'agriculture, l'extension des agglomérations et l'exploitation du bois à des fins d'énergie..

4.2.3.3.3 Les zones de culture et les jachères

Ces zones rassemblent les champs et jachères ainsi que les plantations et les savanes à emprise agricole. Elles ont connu une forte progression spatiale entre 1972 et 2006. La nécessité pour les populations autochtones d'étendre et de multiplier les superficies cultivées pour les cultures de rente, la recherche des terres fertiles à l'agriculture, interfèrent pour conduire les populations à la conquête de nouveaux espaces pour les cultures. Les zones à emprise agricole sont passées de 9 % de superficie occupée en 1972 à 31 % en 2006. Les communes de Duguwolo Wula et de Madina Sacko enregistrent les plus forts taux de progression avec respectivement 6,1 % et 5,4 % par an.

4.2.3.3.4 Les steppes

Comparativement aux galeries forestières, elles régressent sous l'emprise conjuguée des pressions démographiques et du déficit pluviométrique à un taux global de 6,7 %. Le taux de régression le plus fort est enregistré dans la commune de Duguwolo Wula avec 4,2 %. (Tableau 29).

Tableau 29: Taux d'évolution des unités d'occupation du sol au sein de la même classe.

Strates	Duguwolo Wula		Ben-Kadi		Madina Sacko	
	Tb (%)	Ta (%)	Tb (%)	Ta (%)	Tb (%)	Ta (%)
Galerie forestière	-47,3%	-1,9	-30,7%	-0,4	-83,0%	-8,5
Savane arborée arbustive	13,6%	0,3	40,9%	0,4	62,8%	2,3
Prairie marécageuse	144,1%	1,4	-12,7%	-0,1	189,9%	6,8
Steppe arbustive	-93,5%	-4,2	63,8%	0,8	-34,5%	-3,3
Sols dénudés	-75,6%	-1,8	-90,6%	-2,1	-84,5%	-2,6
Zones de culture / jachère	208,2%	6,1	168,3%	1,3	374,8%	5,4
Plan d'eau	-100,0%	-0,01	-99,6%	-0,01	0,0%	0,0

N'DIAYE, B. F., 2013

Ta : taux d'évolution moyen annuel de 1972 à 2006

Tb : taux brut d'évolution au sein de la même classe de 1972 à 2006

4.2.4 : **Les stratégies d'adaptation adoptées par les populations pour la restauration des ressources sylvicoles dégradées**

Les ressources sylvicoles peuvent être assimilables à ce que certains auteurs qualifient de brousse. Ce terme, au delà de son sens biogéographique, d'une « formation arbustive xérophile des régions tropicales » (GEORGE P., VERGER F., 1970), définit aussi les zones reculées, s'opposant alors aux espaces habités dans les campagnes africaines (LEBIGRE J.M., DUMAS P., 2010), le couvert végétal au delà des espaces villageois (CAILLAULT S. et al., 2012), ou tout simplement la nature de l'Afrique traditionnelle (ERNY P., 2001)

4.2.4.1 **La conservation, une pratique 'naturellement' traditionnelle**

Le problème de conservation de la nature ne s'est jamais posé dans l'Afrique traditionnelle car comme le souligne MVONE NDONG S.-P.E. (2008) la nature est sacrée par décret divin. Dans l'Afrique traditionnelle, l'Africain, très tôt reçoit une éducation qui met l'accent aussi bien sur son milieu sociologique que sur son milieu écologique. Les récits, les mythes, les contes, les proverbes valorisent des personnages humains, des animaux, des végétaux et des objets ayant joué un rôle primordial dans la formation des sociétés humaines et animales. Ils attestent cette vision globale de la création (MVONE NDONG S.-P.E. 2008 op cit.).

Pour les philosophes africains de la nature, il y a une parenté originelle, biologique et physique entre les êtres et les choses. Ils forment une communauté universelle qui prend sa

genèse dans le sacré. A cet égard, il arrivait que les autorités coutumières, pour des raisons à caractère mystique et relevant des cercles des initiés, en viennent à décréter qu'une forêt est interdite au public. Dès lors, ceux qui poussaient l'outrecuidance d'enfreindre les lois des unités trouvaient la mort. Ainsi, comme le note si bien MVONE NDONG S.-P.E. (2008), c'est dans leurs rapports aux choses qu'il importe de voir la manière dont les ancêtres règlent les relations entre les membres de leur groupe et les prennent en charge. Ces règles dont la compréhension n'est possible que grâce à une parfaite connaissance de la situation de l'homme dans le rapport nature et culture, sont objectives, puisque tous, dans la communauté, les reconnaissent. Ce qui amène à reconnaître à la suite de cet auteur, que dans la perspective de la tradition africaine, le conformisme est total. Les membres de la communauté doivent s'empêcher de faire des excès individuels pour tout ce qui est de l'exploitation de l'environnement.

La conformité à la nature est essentielle pour celui qui vit en fonction des principes de sa tradition ancestrale : l'homme est vulnérable dès lors qu'il n'est plus en relation harmonieuse avec cet environnement. Les populations africaines ne sont malheureusement plus en conformité avec leur milieu. Avec l'augmentation exponentielle de la population (en trente ans, la population du cercle a plus que doublé) et l'augmentation des dépenses que cela entraîne, la baisse des productions agricoles due au changement climatique, les multiples sollicitations envers la nature ont créé un déséquilibre dans le système homme / nature. Le conformisme communautaire envers la nature est rompu et ce sont les intérêts individuels qui guident les choix personnels. Le paysan augmente ses superficies cultivées sans en référer à quelqu'un. Il coupe du bois comme bon lui semble. Tout en gardant son rôle nourricier, la nature a perdu son caractère sacré. La déstructuration sociale aidant, les centres de décision, de régulation, d'arbitrage des usages communautaires ne fonctionnent plus, ouvrant la porte au droit du plus fort en l'absence de structures capables de défendre des intérêts communs selon BONNET B. (2001).

4.2.4.2 Des stratégies nouvelles qui montrent leurs limites

Avec la décentralisation, les instances ayant des responsabilités dans la gestion des ressources naturelles sont les Conseils communaux, au niveau des communes, regroupant plusieurs villages. Même si les élus communaux ont été choisis par les populations, ces deux entités sont souvent en situation de concurrence dans la gestion des ressources naturelles. La question de l'articulation des instances légales (collectivités territoriales) avec les autres pouvoirs et

niveaux de décision reste donc dans l'incertain. Les ressources naturelles apparaissent aux yeux des communautés rurales comme des ressources individuelles dans le meilleur des cas, sinon elles sont considérées comme des "ressources naturelles" donc sans propriétaire. Ce qui caractérise donc les ressources naturelles c'est un phénomène de double superposition des droits et des usages. Il y a superposition des droits reconnus par l'Etat et ses lois d'une part, et les droits acquis par l'utilisation locale de ces ressources.

Dans ce contexte de fuite de responsabilité et de confusion législative, il n'est pas surprenant de constater l'inefficacité des stratégies adoptées pour sauvegarder les ressources sylvicoles. En fait, en la matière, les populations sont totalement démunies ; leurs possibilités d'adaptation et leurs capacités d'antan, sont perturbées par l'insécurité alimentaire dans laquelle elles vivent (Tableau 30).

Tableau 30: Stratégies adoptées face à la dégradation des ressources sylvicoles

Stratégies	Effectifs	%
Aucune	42	9,1
Sensibiliser les populations	118	25,7
S'en remettre à Allah	108	23,5
Reboiser	90	19,6
Mettre en place des brigades de surveillance	87	18,9
Utiliser des matériaux métalliques	15	3,3
Total	460	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

Rappelons que toutes ces stratégies ont pour seule fin d'améliorer les productivités agricoles. Au-delà de ces stratégies d'adaptation qui portent directement sur la ressource, d'autres stratégies qui visent certaines pratiques ou techniques agricoles sont également développées.

4.2.4.3 L'adaptation des pratiques et techniques agricoles

Au cours des enquêtes, les chefs d'UPA ont été amenés à se prononcer sur les changements intervenus dans leurs pratiques agricoles suite à la baisse des rendements agricoles. Ils se sont prononcés librement. Les principales stratégies d'adaptation à la baisse des rendements répertoriées auprès des UPA sont : l'extension des terres de culture, avancée des dates de semis, augmentation de la quantité d'engrais, recherche de salariés agricoles, le maraîchage. Pour un même problème, plusieurs stratégies peuvent être développées.

4.2.4.3.1 L'extension des terres de culture

L'extension des terres de culture représente la plus importante stratégie pour compenser la baisse des rendements. Défricher un nouveau champ ou une jachère demande beaucoup d'investissements en temps de travail, en effort physique et souvent même financier lorsque le paysan fait appel au service d'engin motorisé pour le dessouchage. Pourtant c'est bien le premier réflexe du paysan lambda face à une baisse continue de ses rendements. Dans sa logique, la décision d'extension de ses terres de culture n'incombe qu'à lui ou tout au plus n'excède pas l'unité de production. Par ailleurs, son travail personnel ou celui des membres de son exploitation est perçu comme une prestation « gratuite » et n'entraîne donc pas un coût financier direct.

4.2.4.3.2 L'avancée de la date de semis

Il s'agit, sans changement majeur du cycle cultural, de choisir une date de semis permettant une esquivance de la sécheresse par un décalage du cycle. Il s'agit, en fait selon l'expression des paysans de « *se lever tôt* », « *de commencer tôt* ». Il y a effectivement une fluctuation de la longueur de la saison des pluies, ce qui se traduit par des retards dans l'installation de la saison ainsi que des arrêts prématurés des pluies comme cela a été démontré plus haut. Conscients de ce caractère erratique, les paysans ont de plus en plus tendance à semer plutôt que les dates habituelles.

4.2.4.3.3 L'adoption du labour à plat

Pendant longtemps, le paysan de Banamba a pratiqué le semis sur billons et sur mottes de terre. Au cours des années 1980, nous assistons à l'abandon progressif de la culture sur motte et sur billon. Les paysans expliquent cet abandon par le fait que pendant une pluie abondante, sous la force du ruissellement, les cultures que portent les billons s'inclinent très souvent et leurs racines sont mises à nu et les substances nutritives de la terre sont entraînées hors du champ. Même s'il nécessite l'utilisation d'animal de trait, le labour à plat est aujourd'hui adopté par tous les paysans. Il permet l'ameublissement de la terre et les cultures sont difficilement inclinées.

4.2.4.3.4 La gestion discriminatoire de la fumure

Avec des ressources limitées, toutes les parcelles de l'exploitation ne peuvent pas bénéficier des quantités de fumure nécessaires à l'équilibre des bilans minéraux et organiques. Comme le soulignent DUGUÉ P. et GIGOU J., (2002), pour le paysan, la gestion de la fertilité du sol

ne consiste pas à préserver son potentiel productif en appliquant des doses recommandées de fumure organique et minérale sur les différentes cultures. L'agriculteur fait des choix et alloue à chaque parcelle une partie des moyens de production disponibles. Ainsi, face à des ressources en fumure limitées, l'agriculteur peut opter soit pour un apport à faible dose sur la plupart de ses parcelles, soit pour une concentration des apports de fumure là où elle sera la mieux rentabilisée. Dans la plupart des cas, du moins en ce qui concerne nos UPA, les paysans retiennent la seconde option. Ils choisissent les cultures qu'ils vont fertiliser et raisonnent les effets précédents des cultures fertilisées. Les parcelles proches de l'habitation sont souvent privilégiées et les cultures y sont plus intensives avec apport de fumure. Pour ces parcelles, l'investissement en travail est plus important car les paysans peuvent plus facilement intervenir et surveiller les récoltes sur pied.

4.2.4.3.5 L'utilisation de prestataires externes

Le caractère erratique de précipitations amène certains paysans à louer les services de tierce personne. L'objectif reste toujours le même : Il faut agir vite pour ne pas être prit de court par les premières pluies. Trois cas de figure sont alors observés. Le premier prestataire de services agricoles disponible au niveau du village ou des villages environnants est l'association. Cette association existe aussi bien au niveau des hommes que des femmes, jeunes et adultes. Elle peut être sollicitée pour le défrichage, le labour, le sarclage et / ou le battage. Pour les mêmes travaux, l'UPA peut aussi recruter des salariés agricoles ou un engin motorisé.

4.2.4.3.6 La pratique du maraîchage

Depuis les sécheresses de 1973 et 1984 et des politiques d'ajustement structurel dans certains pays sahélien dont le Mali, beaucoup de paysans ont compris que dans la conjoncture économique, où les cultures de rente et même les cultures de subsistance ne sont plus rentables, il faut se reconvertir dans d'autres cultures. La pratique du maraîchage s'inscrit dans cette logique.

Dans le cercle de Banamba, le maraîchage est surtout pratiqué par les femmes, dans des périmètres maraîchers individuels. Les femmes aménageaient des petites parcelles d'une superficie variant entre 100m² à 300m². Les enclos sont faits de feuillages et de branches d'arbre cueillis pas loin du village. Souvent c'est en plein espace que le maraîchage est pratiqué sans enclos. Dans les travaux d'aménagement, elles sont souvent aidées par les autres membres du ménage. Les espaces sont aménagés dans une logique de proximité, aux abords

immédiats du village pour permettre aux femmes de pouvoir faire les va-et-vient multiples entre les tâches ménagères et le périmètre. En plus de leur proximité, la simplicité des techniques utilisées caractérise ce maraîchage. Tous les travaux sont faits manuellement et l'arrosage est quotidien. Les seuls équipements sont la daba, un seau ou un arrosoir et une puisette. Le puits est également creusé à la main. Sa profondeur dépasse rarement 5 mètres.

De façon générale, les femmes jugent le maraîchage très utiles parce qu'il leur permet d'avoir une source de revenu tant minime soit – elle, mais surtout d'utiliser les produits maraîchers dans les repas qu'elles préparent quotidiennement. Les difficultés majeures auxquelles sont confrontés ces aménagements sont la divagation des animaux, le creusement de puits traditionnel et la réfection des clôtures à chaque début de campagne.

Ces stratégies s'inscrivent le plus souvent dans une perspective à court / moyen terme. Elles permettent à l'UPA d'améliorer sa production et, avec un peu de revenu de pouvoir assurer sa sécurité alimentaire. Mais comme on le dit très souvent, « *l'arbre ne doit pas cacher la forêt* » et plusieurs UPA ne peuvent adopter ces stratégies parce que soit ne disposant pas d'assez de bétail pour obtenir de la fumure en quantité suffisante, soit sont assez pauvres pour louer les services de prestataires externes. Près des ¾ des UPA enquêtées (73,7 %) sont concernés par cette situation. En d'autres termes, ces UPA ne sont pas autosuffisantes et se trouvent dans une situation d'insécurité alimentaire. Depuis plusieurs années, une frange importante de la population doit chaque année affronter une période de soudure. C'est une période pendant laquelle les greniers sont vides. Les productions agricoles sont déjà épuisées alors que les cultures sont à 1 ou 2 mois (septembre-octobre) de la récolte dans le meilleur des cas; mais dans le pire des cas, la saison pluvieuse n'a même pas commencé ou vient à peine de démarrer. Pour passer la période de soudure, cette population est amenée à prendre certaines décisions qui peuvent sérieusement compromettre la mise en œuvre de n'importe quelles stratégies.

Les déclarations des chefs d'UPA non autosuffisants sur les « stratégies » qu'ils adoptent pendant la période de soudure ressortent au tableau 31. Dans les situations extrêmes, le paysan fait directement recours à sa force de travail (42,2 %) ou vend son bétail (23,3 %). Un autre recours est de faire appel à ses proches pour 17,1 %. D'autres stratégies consistent à

chercher des crédits, à réduire le nombre de repas journalier, à vendre des biens matériels ou à anticiper sur les récoltes.

Tableau 31: « Stratégies » d'urgence adoptées par les UPA pendant la période de soudure

Stratégies de survie	Effectifs	%
Vente de main d'œuvre	143	42,2
Vente de bétail	79	23,3
Réseau social / migrants	58	17,1
Crédit en céréales ou en argent	30	8,8
Réduire le nombre de repas journalier	14	4,1
Vente de biens matériels	9	2,7
Anticiper sur les récoltes	6	1,8
Total	339	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

Arrêtons-nous sur les deux premières « stratégies » (la vente de main d'œuvre et la vente de bétail) et la quatrième (crédit en céréales ou en argent). Sans le savoir ou du moins sans le vouloir, en prenant ces décisions, le paysan hypothèque sa production à venir.

En période de soudure, pour garantir le repas familial certains paysans sont amenés à louer leurs services à un autre de situation plus aisée. Mais en travaillant pour un autre, ses propres travaux agricoles attendent et dans un contexte où la saison pluvieuse est très erratique, il commence ses propres travaux alors que la saison pluvieuse est déjà installée.

La deuxième option en période de soudure est de se débarrasser de ses animaux de trait (bœuf de labour, âne). Alors, pour son labour, il est obligé de passer par la location de matériel agricole (bœuf de labour ou attelage complet). Le cas échéant il n'a d'autre choix que d'attendre que les propriétaires finissent leurs travaux pour disposer de leurs équipements.

Troisième option, le crédit : il peut être en céréales ou en argent. Le remboursement se fait habituellement en céréales, après les récoltes. Le paysan débiteur dont la production ne couvre guère ses besoins annuels doit s'en priver en partie pour rembourser sa dette. Il ne s'en trouve évidemment que plus vulnérable.

4.3 Les impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques et les stratégies d'adaptation des populations

Les ressources en eau constituent le moteur du développement au niveau des pays du Sahel en général et au Mali en particulier où l'économie est principalement dominée par l'agriculture, l'élevage et la pêche. Plusieurs études menées au Mali (KONATÉ S. et al. 2004, MMEE, MEA 2007, BAMBA F. et al. 1996) et au Sahel (SIRCOULON J. 1992, BRUNEL J.P. et BOURON B., 1992, ICCARE 1995, AAP 2011) ont démontré les conséquences de la détérioration du climat sur les ressources en eau durant ces dernières années. Pour faire face à ces effets néfastes du climat, il est indispensable d'en évaluer l'ampleur au niveau local.

4.3.1 : La situation des ressources en eau du cercle de Banamba

4.3.1.1 Des ressources en eau disponibles, mais difficile à quantifier

Les ressources en eau de Banamba proviennent essentiellement des pluies qui sont les seules eaux météoriques dont le cercle bénéficie. Les pluies engendrent le ruissellement et la recharge des nappes souterraines. Elles se repartissent en catégories : les eaux de surface et les eaux souterraines.

4.3.1.1.1 Les eaux de surface

Les ressources en eau de surface sont non pérennes (Figure 69). Elles correspondent au ruissellement saisonnier d'hivernage permettant, en année de pluviométrie moyenne, un cycle cultural et des cultures de décrue dans les retenues et dans les bas-fonds ou dans les mares. Les aménagements concernent le plus souvent de très petits bassins versants. Les coefficients d'écoulement et les quantités d'eau ruisselées sont encore mal connus. Quand bien même elles ne peuvent couvrir les besoins des populations que durant une partie de l'année, les eaux non pérennes contribuent en proportion variable, à l'alimentation en eau des populations et surtout du bétail.

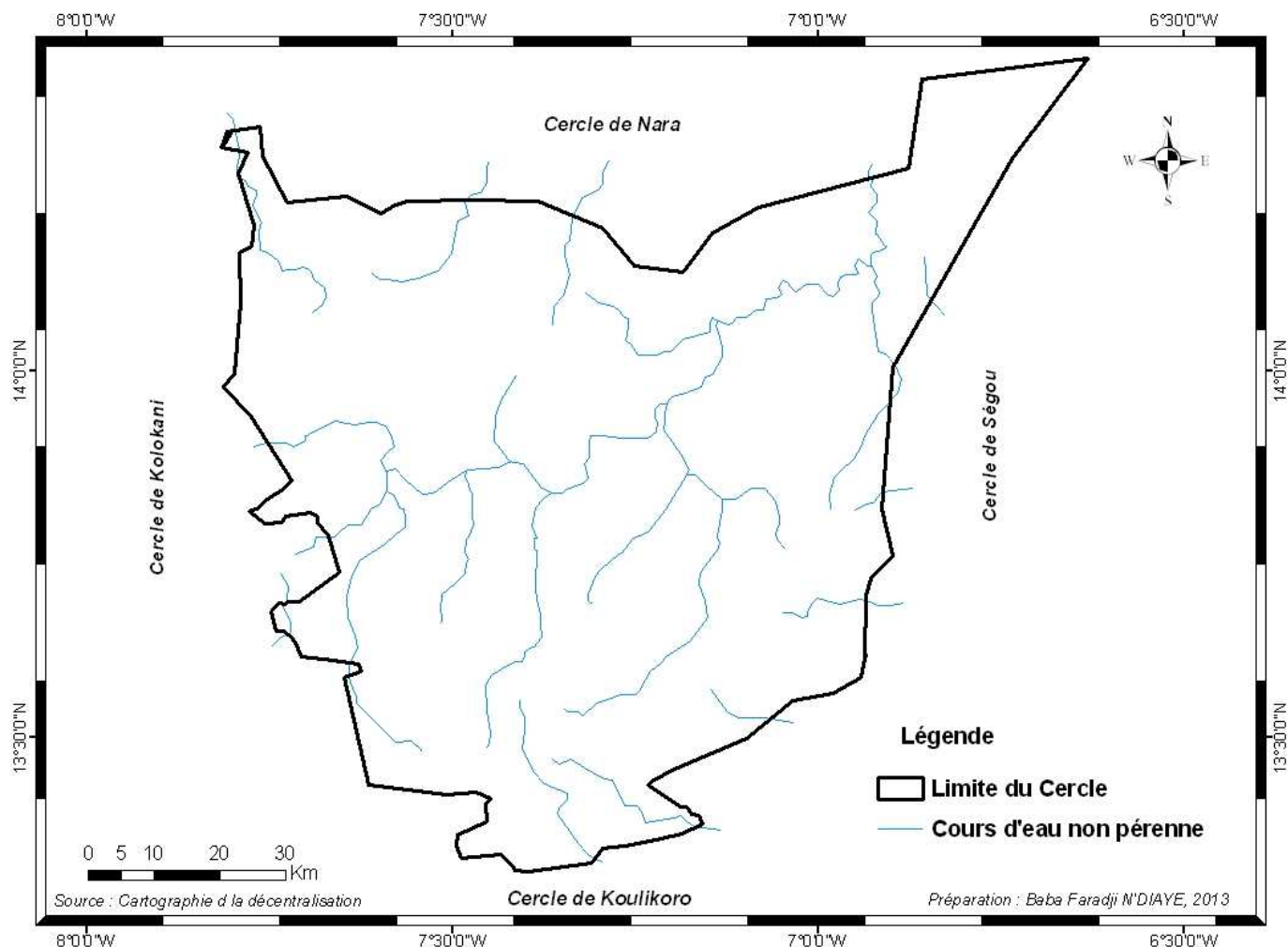


Figure 69 : Carte des eaux de surface du cercle de Banamba

N'DIAYE B. F., 2013

4.3.1.1.2 Les ressources en eaux souterraines

Sur le plan hydrogéologique, Banamba appartient à l'infra-cambrien tabulaire qui est l'une des unités de la catégorie des aquifères de type fissuré semi - continu ou entièrement discontinus. Ils sont représentés par les formations cristallines et sédimentaires du Précambrien et du Primaire avec des intrusions doléritiques généralement imperméables (DNHE 1990). Lorsqu'elles sont saines, les épontes de ces filons constituent des zones de circulation préférentielle au contact des roches sédimentaires encaissantes.

Les études menées dans la zone par la Direction nationale de l'hydraulique dans les 1990 et 2000, montrent que les eaux contenues dans les aquifères fissurés sont de bonne qualité

chimiques avec une faible minéralisation et des teneurs en ions majeurs en général très inférieurs aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les eaux de consommation.

Aussi depuis toujours, ce sont elles qui sont exploitées pour satisfaire les besoins des populations et du cheptel. Elles représentent un très important potentiel en eau, généralement de bonne qualité. Elles sont inégalement réparties, parfois d'accès difficile. Le niveau de mobilisation des ressources en eau souterraine est encore très faible. Leur exploitation se fait à travers les puits traditionnels, les forages et les puits modernes.

Présents dans toutes les UPA, les puits traditionnels tarissent pour la plupart dès le mois de mars. Le cercle compte 708 forages (chaque village disposant d'au moins un forage) dont 411 sont productifs, soit un taux de réussite des forages, de l'ordre de 58 %. Ce taux est de 68 % au niveau national. Sur les 411 forages, 396 sont équipés. On dénombre 93 puits modernes dont 57 sont permanents (DNH, 2013). Les débits des forages sont également très variables et leur exploitation à partir des moyens d'exhaure souvent difficile à cause de leur fonctionnement et de leur entretien. Puits et forages sont utilisés essentiellement pour l'alimentation en eau des populations et du bétail.

Les ressources en eau sont donc très largement supérieures aux besoins et devraient donc permettre, à terme, de les satisfaire. A l'échelle du cercle, toute quantification serait hasardeuse et apprécier leur état et leur évolution spatio-temporelle est une entreprise pleine d'embûches en l'état actuel des connaissances. Pour mieux appréhender la disponibilité en eau, recours est fait aux études réalisées au niveau national et souvent dans d'autres pays.

Les ressources en eaux souterraines du Mali sont estimées à 2 700 milliards de m³ de réserves statiques avec un taux annuel de renouvellement évalué à 66 milliards de m³ représentant la principale source pour l'alimentation en eau potable des populations. En ce qui concerne la disponibilité des ressources en eau douce par tête d'habitant, il ressort que les ressources en eau douce du Mali, même inégalement réparties sont abondantes, comme l'indique le tableau 32, ci-dessous.

Tableau 32 : Précipitations et ressources renouvelables en eau au Mali

Précipitations et Ressources renouvelables	Volume en milliards de m ³
Volume des précipitations	415
Eaux de surface pérennes	56
Eaux de surface non pérennes	15
Eaux souterraines renouvelables	66
Ressources en eau renouvelables totales	137

Source : Rapport National sur la mise en valeur des Ressources en eau, 2004

Au plan international, on s'accorde à considérer que le seuil de pénurie se situe à 1.000 m³ d'eau par habitant et par an. Ainsi, avec une disponibilité théorique moyenne de 11.417 m³ d'eau par habitant et par an (sur la base d'une population estimée à 12 millions d'habitants), le pays se situe largement au-dessus du seuil de pénurie en ce qui concerne la disponibilité de la ressource eau. Cependant, ce rapport très favorable ne doit pas masquer les particularités de ces ressources qui sont loin d'être toutes mobilisées. Seulement, 0,2 % des eaux souterraines et 12 % des eaux superficielles sont mobilisés, selon le Rapport National sur la mise en valeur des Ressources en eau (2004). La mobilisation de ces ressources restent également tributaire des fluctuations saisonnières et inter annuelles variables, du coût d'accès et coût d'exploitation qui amènent le m³ d'eau jusqu'à un coût très variable selon les lieux, les sources et les usages (2 à 1.000 F.CFA) ; elles sont inégalement réparties dans l'espace et dans le temps (surtout disponibles au Sud du pays et pendant moins de la moitié ou le quart de l'année pour les eaux de surface).

4.3.1.2 L'utilisation des ressources en eau

Les eaux de surface non pérennes, estimées à environ 15 milliards de m³, contribuent aussi, mais en proportion variable, à l'alimentation en eau des populations et surtout du bétail. Malgré leur importance, il n'y a malheureusement pas de mesures récentes au Mali sur des petites rivières pour connaître leurs impacts réels au Mali.

Ces ressources pour le cercle sont particulièrement intéressantes à exploiter surtout pour des populations éloignées des fleuves. Elles permettent par exemple, de prolonger ou retarder un tarissement de nappe, d'augmenter par épandage d'eau les surfaces irriguées, de constituer des réserves pour les besoins humains et animaux, de faciliter un maraîchage de contre-saison, etc.

4.3.1.3 Des ressources en eau difficilement accessibles

Il a été demandé aux chefs d'UPA d'apprécier l'accessibilité aux ressources en eau dans les termes suivants : facilement accessible, difficilement accessible, très difficilement accessible. Le tableau 33 présente la distribution des opinions vis-à-vis de l'accessibilité des ressources en eau. La grande majorité des paysans considèrent que les ressources en eau sont difficiles d'accès. Près de deux paysans sur trois (65,65 %) et près d'un paysan sur trois (31,74 %) considèrent respectivement que les ressources en eau, quand bien même elles soient disponibles, sont actuellement difficilement ou très difficilement accessibles.

Tableau 33: Conditions d'accessibilité aux ressources en eau selon les chefs d'UPA enquêtés

Accessibilité	Effectif	Pour cent
Difficile	302	65,65
Très difficile	146	31,74
Facile	7	1,52
Ne sait pas	5	1,09
Total	460	100,00

N'DIAYE B. F., 2011

Selon les mêmes personnes enquêtées, ce difficile accès est du essentiellement au déficit climatique observé depuis les années 1970, au tarissement précoce des puits et des mares, à la faible capacité des populations (Tableau 34)

Tableau 34: Facteurs rendant l'accès aux ressources en eau difficile selon les chefs d'UPA enquêtés

Facteurs d'inaccessibilité	Effectifs	Pour cent
Déficit pluviométrique	275	59,78
Tarissement précoce des puits	122	26,52
Capacité d'intervention faible	51	11,09
Non concerné	12	2,61
Total	460	100,00

N'DIAYE B. F., 2011

La principale question qui se pose face au changement climatique est l'évolution des ressources en eau. En d'autres termes, le difficile accès aux ressources en eau est-il lié au comportement climatique ?

4.3.1.4 Les impacts du changement climatique sur les ressources en eau

Les évolutions des variables climatiques présentées au chapitre 3 auront nécessairement un impact sur la quantité d'eau disponible et sur sa répartition dans le temps et dans l'espace.

4.3.1.4.1 Les impacts du changement climatique sur les eaux de surface

L'accès à l'eau subit la double contrainte d'une forte irrégularité dans le temps et dans l'espace. Dans le temps, car l'écoulement n'est ni régulier, ni permanent. Les rivières coulent de quelques jours à quelques mois par an et subissent une dégradation hydrographique qui se traduit par de fortes pertes en eau en allant vers l'aval. Dans l'espace, les cours d'eau sahéliens sont peu nombreux et les points d'eau formés par les mares naturelles souvent éloignés les uns des autres subissent de forts prélèvements par évaporation. Cette évaporation est d'autant plus forte que les cours d'eau ne sont pas de grande taille et sont alimentés exclusivement lors des épisodes pluvieux.

De nos jours on a une mauvaise connaissance du régime hydrologique des cours d'eau temporaires (DIARRA B. et al., 2007). Les données hydrométriques sur les petits bassins versants au Mali sont extrêmement rares, ce qui ne permet pas d'en assurer une meilleure gestion et envisager des aménagements susceptibles de concilier besoins humains et contraintes physiographiques et hydrologiques. La campagne de mesures réalisées durant l'hivernage 1991 sur 9 petits bassins de moins de 25 km² a conclu à des valeurs de coefficient de ruissellement très variables, de 1 à 22 %, selon les conditions pluviométriques, géomorphologiques et de couverture végétale (DIARRA B., op cit).

Il ressort de toutes les études menées au niveau national que le déficit pluviométrique a des effets directs sur les débits des cours d'eau. Ceci accompagné de pauses pluviométriques longues provoque l'assèchement précoce des plans d'eau et des puits.

Un autre entrant dans le bilan hydrique est la demande en *évapotranspiration* (ETP). En climatologie il est convenu de prendre l'ensemble des deux paramètres qui sont l'évaporation d'eau sur toutes les surfaces et le processus de transpiration des plantes. Cette composante augmente avec la température et atteint son maximum en période chaude. En effet, l'évaporation est l'un des problèmes majeurs au niveau de la mobilisation des eaux de surface, car elle atteint de fortes valeurs (10 mm/jour) notamment aux mois de mars et d'avril (MMEE). La figure 70 ci-après donne des valeurs de l'évaporation sur les plans d'eau au Mali (Étude « Évaporation des nappes d'eau libre en Afrique Sahélienne et tropicale » BRUNNEL J.P. et BOURON B., 1992).

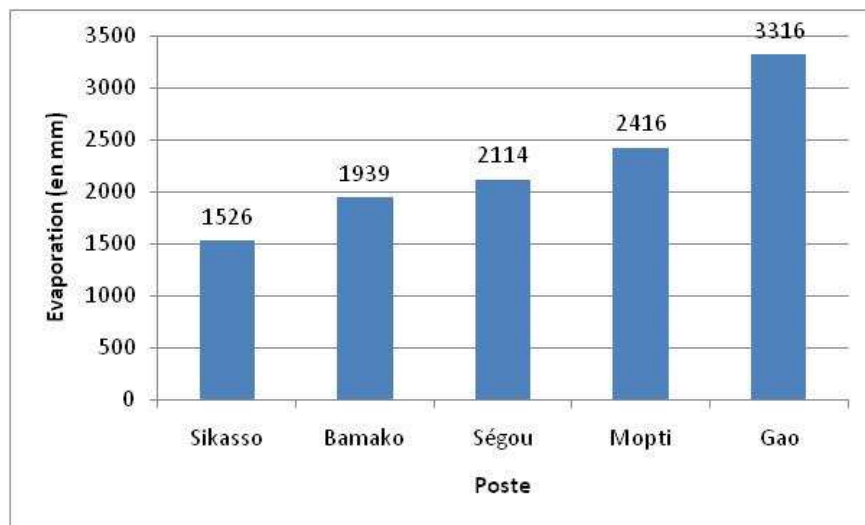


Figure 70 : Évaporation sur les retenues d'eau au Mali

BRUNNEL J-P., et BOURON B., 2002

A noter également que les vents forts accélèrent la vitesse de l'évaporation. Bien évidemment la valeur de l'évapotranspiration varie également en fonction du type d'occupation de sol. La hausse des températures maximales selon plusieurs scénarios, aura comme conséquence l'augmentation de la demande d'évapotranspiration qui, à son tour aura des répercussions sur les pluies efficaces disponibles pour la recharge du sous-sol.

4.3.1.4.2 Les impacts du changement climatique sur les eaux souterraines

Même en l'absence de données sur la question en ce qui concerne le cercle de Banamba et d'un déficit d'études sur les incidences du changement climatique sur les eaux souterraines signalé par le GIEC au niveau global, les rares études montrent que les eaux souterraines sont sensibles au changement climatique (VERNOUX J.F. et SEGUIN J.J., 2011 ; TREIDEL H. et al. 2011,). L'infiltration de l'eau dans le sol et donc la recharge des nappes dépendent directement des précipitations et de l'évapotranspiration. D'autres paramètres influent également sur l'infiltration, comme l'intensité des précipitations, la couverture végétale, le type de sol, et les prélèvements anthropiques dans les nappes.

La vulnérabilité des ressources en eau souterraine au changement et à la variabilité climatiques se situe au plan quantitatif et qualitatif. Au plan quantitatif, il s'agit de la variation des réserves des aquifères. L'indicateur de cette variation est le niveau piézométrique de la

nappe, dont la baisse suggère une diminution de la disponibilité de la ressource. Au plan qualitatif, la variation de la qualité des eaux souterraines est liée à la modification de la minéralisation de l'eau. L'indicateur couramment utilisé est la conductivité électrique de l'eau, qui augmente avec le taux de minéralisation.

Au niveau national, des études (SIRCOULON, J. 1992 ; KONATE, S et al. 2004 ; NCAP, 2007 ; DNH, 2005) menées sur les ressources en eau du bassin du fleuve Niger, il ressort que les eaux de surfaces ont une forte sensibilité à un changement climatique.

L'analyse des événements extrêmes pour le climat futur (Projet Climat/CNRST, 2003) a permis de comparer les occurrences de températures maximales supérieures à la moyenne maximale de la normale 1961-1990 des horizons temporels 2050 et 2100. On note que :

- pour la période 1961-1990, la température moyenne maximale est de 30,5°C avec 50% d'occurrence d'avoir des températures supérieures à cette moyenne de 30,5°C.
- en 2050, la température moyenne maximale serait de 32,5°C et l'occurrence des températures supérieures à cette valeur serait de 40%.
- en 2100, la température moyenne maximale serait de 34,5°C et l'occurrence des températures supérieures à cette valeur serait de 36%.

Il ressort alors que les températures seraient en hausse dans l'ensemble du pays de plus de 2°C avec une perception de chaleur forte (Projet Climat/CNRST, 2003).

Ces mêmes études attestent qu'une diminution de 10 % de la pluviométrie par rapport à la normale 1961-1990 entraînerait encore une situation de sécheresse au Mali. Cette situation serait constatée sur la première moitié de l'hivernage (mai, juin et juillet) à partir de l'horizon 2025. La même situation pourrait s'installer dès l'horizon 2020 si la réaction du climat aux perturbations devenait plus rapide.

En somme l'étude des scénarios climatiques au Mali montre qu'à l'horizon 2100 on assisterait à une diminution de la pluviométrie de plus de 10% qui se traduirait par un déplacement des isohyètes vers le Sud et une augmentation de la température de plus de 2°C.

Toutes choses qui entraînent, en plus des fluctuations de la durée de la saison végétative impliquant une instabilité de la production agricole, une dégradation des sols et de la végétation, une baisse des ressources en eau. En effet, selon ces études une baisse de 18 % de

la pluie entraîne une diminution de 35 % des ressources en eau de surface ; tandis que pour une augmentation de 15% des pluies, les ressources en eau de surface augmentent de 18%.

Les eaux souterraines renouvelables ont par contre une sensibilité moyenne : l'augmentation de 15% des pluies entraîne une augmentation de 9% des ressources renouvelables, tandis que la baisse de 20% des précipitations entraîne une diminution de 15% des ressources renouvelables (Projet Climat/CNRST, 2003).

Toujours selon ces études, ce sont les zones à climat sahélien, qui manifestent la plus forte sensibilité aux changements climatiques avec deux scénarios possibles. Dans l'hypothèse du scénario 1 avec la poursuite des tendances actuelles, les ressources en eau baisseraient à l'horizon 2025 de 35% pour les eaux de surface et de 13% pour les ressources renouvelables des aquifères par rapport à la période 1961-1990. Ce qui aura comme conséquences une accentuation des phénomènes de sécheresse. Elle se traduira par :

- Une baisse des niveaux piézométriques des nappes souterraines qui alimentent les cours d'eau en période d'étiage. Au cours des deux dernières décennies, une forte réduction des apports des fleuves et alimentation des nappes (de 50 à 80 %) a été enregistrée alors que les apports de pluies ont été relativement faibles (20 à 50 %). Cette situation a eu pour conséquence l'arrêt de l'écoulement sur le fleuve Niger à Niamey en juillet 1985, et le Bani à Douna un an sur deux depuis 1984. On devrait donc s'attendre à un assèchement quasi-annuel du Bani à Douna au moins d'une durée d'un mois ;
- Une baisse des niveaux piézométriques va également, entraîner le tarissement des nappes superficielles que constitue la source principale d'alimentation en eau des populations rurales ;
- Une baisse de l'hydraulicité des fleuves aura également pour conséquence le tarissement des mares dont l'alimentation est liée aux crues. Il faut se rappeler qu'en 1984, le fleuve Niger n'est pratiquement pas sorti de son lit mineur et les seuils qui contrôlent l'alimentation des mares et lacs n'ont pas été atteints. C'est ainsi que le lac Faguibine s'est asséché (CHAMARD P. et al, 1997). La qualité des eaux superficielles dégradera pendant les périodes d'étiages avec les rejets d'eau usée et la baisse du pouvoir épurateur des cours d'eau. La détérioration du couvert végétal suite à la persistance de l'indigence hydraulique aura pour conséquences l'augmentation des cas de feux de brousse, l'érosion des sols et l'ensablement des lits des fleuves.

Dans l'hypothèse du scénario 2, les ressources en eau augmenteront de 18% pour les eaux de surface et de 9% pour les eaux souterraines renouvelables par rapport à la période 1961-1990. Le retour d'années à hydraulicité moyenne se traduira par :

- l'augmentation de la fréquence et de l'importance des inondations. En effet, l'une des caractéristiques des inondations étant leur limite dans le temps (période de fortes pluies ou maximum des crues), les conséquences sont par

nature, catastrophiques. Le fleuve Niger a connu en 1967 une crue extrêmement forte qui a atteint des niveaux exceptionnels dans le haut bassin Guinéen et surtout au Mali ;

- La montée brusque des eaux des fleuves peut provoquer l'inondation des stations de traitement des réseaux d'adduction d'eau potable. C'est pourquoi, il n'est pas exclu que des épidémies de maladies d'origine hydrique (choléra, dysenterie, etc.) succèdent à ces fortes inondations. Les difficultés d'évacuation des eaux pluviales entraîneront une stagnation et par conséquent, la prolifération de maladies hydriques et la communication des eaux des pluies et puisards.

Dans **tous les scénarios**, la demande d'eau pour les différents usages sera théoriquement couverte par les ressources en eau renouvelables. Cependant la mauvaise répartition de cette ressource dans le temps et dans l'espace fera que la satisfaction des besoins se posera dans le cas du scénario 1 pendant la saison sèche (mars à juin). Il faut rappeler que plus de 80 % du volume des crues s'écoulent entre août et fin octobre.

L'analyse de l'évolution des paramètres climatiques (températures et précipitations) dans le cercle de Banamba fait apparaître la nécessité d'une gestion plus efficace des ressources en eau. Dans cette perspective, les populations développent des stratégies d'adaptation pour mieux supporter les cas de diminution ou de disparition des points d'eau. Ces stratégies sont développées ci-dessous.

4.3.2 : Des stratégies limitées en cas de diminution et / ou disparition des ressources hydriques

Les ressources en eau, bien que théoriquement abondantes au Mali, sont fortement menacées sous l'effet conjugué des changements climatiques et de l'augmentation de la demande de plus en plus croissante. Les phases successives de sécheresse et d'aridité qui ont sévi dans le pays depuis les années 1970 ont largement affecté les eaux de surface, et les surfaces inondables. A titre d'exemple, le Delta Intérieur du Niger qui mesurait 30 000 Km² en 1980, est réduit à près de 5 000 Km² actuellement (DNH 2004).

Pour connaître les stratégies adoptées par les populations pour accéder aux ressources en eau, les chefs d'UPA ont été sollicités pour citer les techniques utilisées à cet effet. Le tableau 35 présente la distribution des opinions vis-à-vis des stratégies adoptées. Pour toutes les UPA, le puits traditionnel est la source principale d'accessibilité à la ressource en eau. Parce que creusé entièrement à la main, ce type de puits n'atteint presque jamais la nappe phréatique.

Les problèmes surviennent pendant la période sèche (mars à juin, voire début juillet). Et même pendant cette période, les populations disposent de très peu d'alternatives en ce qui concerne l'accès aux ressources en eau. Le surcreusement du puits traditionnel reste toujours le principal recours pour plus des 2/3 des UPA (67,8 %) alors que pour 20 % des UPA, la seule option qui leur reste est d'aller chercher de l'eau dans d'autres villages. Une UPA sur dix a accès à des points d'eau moderne (puits moderne ou forage).

Tableau 35: Stratégies adoptées en cas de diminution et / ou disparition des points d'eau

Stratégies	Effectif	%
Creusement / Surcreusement des puits traditionnels	312	67,8
Déplacement dans le village voisin	90	19,6
Réalisation de points d'eau modernes	46	10,0
NC	12	2,6
Total	460	100,0

N'DIAYE B. F., 2011

Compte tenu de leurs capacités très limitées, la gestion des ressources en eau au niveau individuel et même communautaire s'est toujours appuyée sur les opportunités naturelles qui permettent de minimiser le poids des coûts. Le risque de la baisse du niveau d'eau souterraine pendant les épisodes caniculaires serait très probablement accompagné par le risque de pollution des eaux par les substances chimiques d'origine agricole et industrielle.

4.4 Les impacts des changements climatiques sur les ressources pastorales et les stratégies d'adaptation des populations

4.4.1 : Des ressources pastorales soumises à une forte pression

Le secteur de l'élevage au Mali, en tant que secteur primaire, est fortement lié à son environnement et à la disponibilité des ressources en eau et fourragères. Le changement climatique amorcé au début des années 1970 à beaucoup contribué à la dégradation des ressources pastorales, hypothéquant du coup la source de revenus et d'emplois que représente l'élevage. Face aux multiples défis, les populations ont toujours apporté des réponses concrètes et ingénieuses leur permettant de tenir.

Quelles sont les principales caractéristiques de l'élevage dans le cercle de Banamba ? Quelles sont ces implications dans la dégradation de l'environnement ? Et quelles sont les stratégies

adoptées par les populations pour y faire face ? Tels sont les points qui seront développés dans les lignes qui suivent.

4.4.1.1 Les types d'élevage et leur évolution

Le bétail joue un rôle capital dans la vie socio-économique du cercle. L'importance numérique du cheptel et la diversité des espèces expriment l'intérêt manifeste des populations pour l'élevage. Deux systèmes d'élevage coexistent : le système pastoral et le système mixte agriculture – élevage (Figure 71).

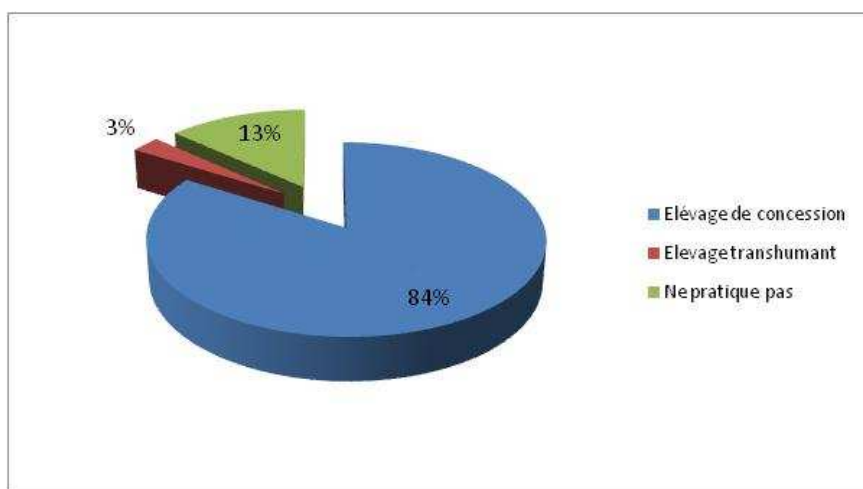


Figure 71 : Type d'élevage pratiqué dans le cercle de Banamba

N'DIAYE B. F., 2011

4.4.1.1.1 Le système pastoral

Le système pastoral se caractérise par un recours important (sinon exclusif) aux parcours naturels (transhumance) comme source d'alimentation des animaux. Ils concernent essentiellement les herbivores domestiques notamment les bovins, et dans une moindre mesure les ovins et caprins. Il est pratiqué par les communautés peuhles. Ainsi, cette forme de mobilité qu'est la transhumance correspond en fait, à une véritable construction sociale, politique, économique, sans cesse renouvelé et réadapté (MARTY A., 2000). Le transhumant a un calendrier et des itinéraires réguliers déterminés par les cycles de disponibilité des ressources sur des territoires prédéterminés. Il peut y conduire d'autres activités, notamment agricoles, sur des terrains pour lesquels il détient un droit d'usage stable.

Dans le système pastoral, c'est une partie des troupeaux qui effectue des déplacements saisonniers (semi-transhumance) à l'intérieur du cercle ou en dehors. En hivernage les

troupeaux se déplacent vers les parcours des communes de Sébété, Toukoroba et Tougouni. Ils regagnent leur lieu de départ après les récoltes (octobre-novembre). En saison sèche, ils descendent vers le Sud dans la région de Sikasso à la recherche de meilleurs pâturages.

En période de transhumance, l'alimentation du bétail est basée sur les pâturages naturels et les résidus de récolte. Les pâturages se caractérisent par une faible productivité environ 800 à 2000 kg ha⁻¹ (PIRT, 1983). La qualité et la quantité du fourrage sont limitatives et entravent le développement de l'élevage. En effet celles-ci affectent la production (lait, viande) et les paramètres de reproduction (âge au premier vêlage, intervalle entre vêlage).

Même s'il présente quelques atouts (un coût minime de l'alimentation sur parcours, une opportunité de valoriser les ressources renouvelables de zones défavorables pour la culture, une aptitude des animaux à se déplacer et donc à se rapprocher, à faible coût, des marchés ou des zones de consommation, un transfert de fertilité, notamment par le parcage des animaux), l'élevage transhumant est soumis à certaines contraintes et limites (ALARY V. et LHOSTEP., 2002).

Ces systèmes pastoraux utilisent le plus souvent des «communs», c'est-à-dire des ressources collectives ce qui pose parfois des problèmes importants liés à l'augmentation des effectifs et donc des charges animales dans un contexte climatique aléatoire. La pression sur la ressource pâturée due à la charge animale est souvent aggravée par la compétition pour l'espace avec les agriculteurs. Depuis l'avènement des années de grande sécheresse l'élevage a connu beaucoup de bouleversements. Depuis, nous assistons de plus en plus à une sédentarisation des pasteurs peuhls, et à une évolution du système pastoral en un système agro-pastoral (Figure 72).

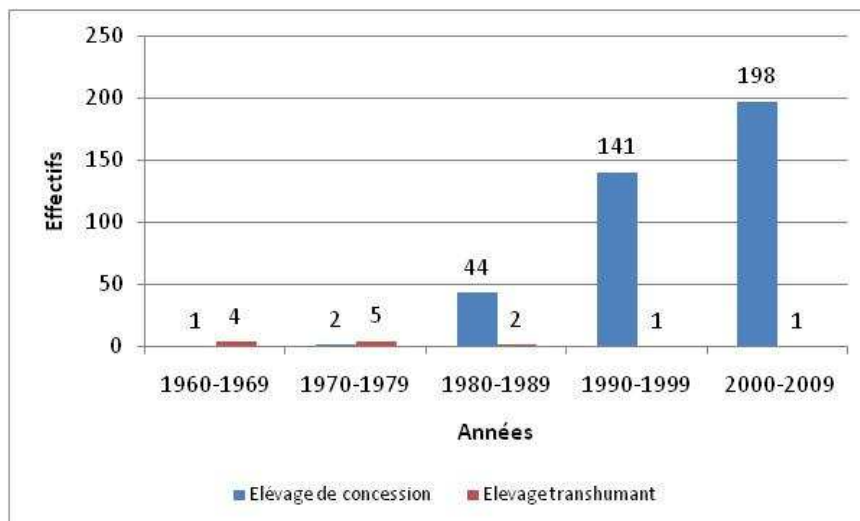


Figure 72 : Évolution du type d'élevage

N'DIAYE B. F., 2011

4.4.1.1.2 Le système agriculture – élevage, un élevage de concession

L'augmentation de la population se traduit par une pression accrue sur les ressources, en premier lieu sur la terre, et induit de nouvelles pratiques agricoles et d'élevage. De la spécialisation relative des activités d'élevage et de culture, permise par une faible densité humaine, on est passé progressivement à une association voire une intégration de l'agriculture et de l'élevage. Quand la contrainte foncière s'accroît fortement, deux mécanismes sont observés :

- les agriculteurs intègrent de plus en plus de productions animales dans leur exploitation, à commencer par des animaux de trait pour le travail du sol et le transport. Le rôle économique des productions animales devient plus important, grâce à l'investissement des revenus des cultures dans l'élevage. Il s'agit d'un placement productif qui dépasse le simple rôle de « caisse d'épargne » ou d'assurance, stigmatisé par certains observateurs ;
- les éleveurs, souvent en difficulté économique en raison de la diminution de l'effectif de leur cheptel, de problèmes climatiques ou d'accès aux ressources, sont amenés à sécuriser leur situation en cultivant de plus en plus. La production des cultures vivrières, rarement suffisante, est complétée par des achats alimentaires financés par les produits de l'élevage.

Le système est quasi sédentaire. Le système agro-pastoral est un élevage semi-intensif associé aux cultures pluviales (WILSON R. T., 1988). Il est pratiqué par les agriculteurs sédentaires. Les résidus de récolte sont ramassés, stockés et distribués comme compléments. Les animaux utilisent les pâturages communaux. Ils effectuent de faibles déplacements en dehors des zones

de culture en saison des pluies. Les interactions sont importantes et positives dans ces systèmes mixtes (ALARY V. et LHOSTEP., 2002 *op cit*) :

- les animaux fournissent aux systèmes de culture, énergie (traction animale) et éléments fertilisants (déjections, fumier...) ;
- les animaux bénéficient d'apports alimentaires de l'espace cultivé : résidus de culture, adventices, sous-produits des produits vivriers (son de céréales, épluchures de tubercules etc.), végétation des jachères. À un stade d'intensification supérieur, les cultures fourragères peuvent rentrer dans l'assolement, apportant aux animaux des compléments alimentaires de qualité. Les nouveaux systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale (SCV) offrent aussi des possibilités d'amélioration des systèmes d'alimentation des herbivores ;
- à ces flux énergétiques (travail) ou de matière organique (fourrages, fumier), il faut ajouter les complémentarités économiques essentielles entre culture et élevage. Le produit financier de la culture est souvent la source de financement des animaux, mais ces derniers peuvent se reproduire et dégager de nouveaux revenus ; ils seront exploités en fonction des besoins de la famille soit pour de l'autoconsommation soit par la vente. La diversité des espèces animales (animaux de basse-cour, petits ruminants, animaux de trait, bovins d'embouche ou d'élevage) confère une réelle souplesse à ce système.

Les contraintes d'un tel système sont liées au risque d'extension des superficies cultivées. En effet, la traction animale elle-même a souvent été utilisée d'abord comme un facteur d'extension des surfaces plutôt que comme un facteur d'intensification : les effets pervers de telles pratiques peuvent être importants et nuire à la durabilité des systèmes mixtes. La valorisation de la fumure animale est souvent loin d'être optimisée. Les problèmes de transport se posent fréquemment avec acuité, limitant l'introduction de certaines innovations techniques.

Qu'il soit transhumant ou de concession, l'image des éleveurs par rapport à l'environnement n'est pas bonne. L'évolution du milieu naturel est devenue préoccupante à partir des sécheresses sahéliennes des années soixante-dix. A cette occasion, beaucoup d'écrits ont accusé l'élevage d'avoir précipité la catastrophe écologique (BOUTRAIS J., 1992) : excès d'animaux par rapport aux capacités des pâturages, exploitation anarchique des ressources fourragères, prairies râpées jusqu'au sol, arbres fourragers massacrés, sols piétinés, compactés ou rendus pulvérulents et mobilisés par le vent : ce sont les effets spectaculaires d'une surcharge en bétail sahélien. En zones de savanes, les dégâts pastoraux ne sont pas moindres : éviction de la faune sauvage, feux de brousse destructeurs de la végétation, érosion le long des pistes à bétail. En ajoutant les dégâts aux cultures, les autres populations et les responsables administratifs en retirent le postulat que les éleveurs dégradent le milieu naturel.

Malgré ce tableau d'accusations assez sombre, la question que tout chercheur se pose est de savoir si, dans le contexte actuel de changement climatique, l'élevage en Afrique tropicale est « coupable » ou « victime » ?

4.4.1.2 L'élevage, un facteur de changement climatique ?

En accusant l'élevage, deux charges sont à évoquées : la première qui n'est pas directement perceptible par les populations fait référence aux émissions de gaz à effet de serre liées à l'élevage. La deuxième qui est la plus connue fait référence aux dégradations végétales et pédologiques par le bétail.

4.4.1.2.1 Le cheptel domestique, source d'émission de gaz à effet de serre

Dans sa publication « *livestock's long shadow* », la FAO (2006) a attiré l'attention sur les impacts de l'élevage en matière d'environnement et notamment de changement climatique. Ce rapport affirme notamment que l'élevage serait à l'origine de 18% des émissions mondiales de gaz à effet de serre, juste avant les transports (13%). Sur le plan mondial, la FAO estime que la conversion de la forêt tropicale en herbages pour le pacage produit annuellement environ 1,7 milliard de tonnes d'équivalents CO² et 0,7 milliard de tonnes résultant de la conversion de la forêt tropicale en terres culturales pour l'alimentation des animaux. Or l'accroissement de la demande en produits d'origine animale qui va de pair avec la croissance démographique mondiale, l'urbanisation et l'augmentation du niveau de vie (en particulier dans les pays émergents), devrait amener un doublement de la demande mondiale en protéines animales d'ici 2040. Face à des ressources limitées et une demande alimentaire en hausse, l'élevage est souvent considéré comme moins efficace que les cultures pour nourrir les hommes. On considère classiquement que 7 calories végétales sont nécessaires pour fabriquer une calorie animale (AVSF, 2010).

Chez les herbivores, les émissions de méthane et d'hémioxyde d'azote sont issues de la fermentation entérique et de la gestion du fumier. Le méthane provenant de la fermentation entérique est un sous-produit résultant du processus digestif au cours duquel les hydrates de carbone sont réduits par des micro-organismes en molécules simples pour l'absorption dans la circulation sanguine. Les ruminants (bovins et ovins) certains non ruminants (porcs et chevaux) produisent du méthane, mais les ruminants restent la source d'émission la plus importante. Les quantités de méthane émises dépendent du type, de l'âge et du poids des

animaux, ainsi que de la quantité de l'alimentation et des quantités intégrées. Le méthane résultant de la gestion du fumier est dû à la décomposition de celui-ci dans des conditions anaérobiques. Ce phénomène se produit souvent lorsqu'un nombre important d'animaux est élevé dans un espace clos (exploitation laitière, parcs d'engraissement des bovins, et centres d'élevage de porcs et de volaille par exemple)

Toutefois, bon nombre de spécialistes reconnaissent que, le chiffre de 18 % annoncé par la FAO doit être considéré avec discernement. En effet, selon ces spécialistes, ce chiffre se rapporte bien aux émissions de gaz à effet de serre produites par les animaux et le fumier (méthane notamment). Mais il intègre également toutes les émissions produites en amont et en aval, tout au long de la filière agroalimentaire (alimentation du bétail, transformation des produits, transports, emballages...). Ainsi, si on se limite à la production agricole sensu stricto, le GIEC estime qu'elle serait à l'origine de "seulement " 10 à 12% des émissions, dont le quart environ serait imputable aux élevages. Ce qui ramène la part de l'élevage à seulement 3% du total des émissions. Les principales sources de gaz à effet de serre liées à l'élevage sont les suivantes : changements dans l'occupation des sols (36%), gestion du fumier (31%), production animale (25%), production d'aliments (7%) (STEINFELD H. et al, 2006). La FAO a d'ailleurs nuancé son rapport de 2006 en publiant son rapport 2009 sur la "situation mondiale de l'alimentation et l'agriculture" consacré à l'élevage.

Au Mali, les inventaires des gaz à effet de serre présentés dans la première communication nationale du Mali en 2000 montrent que l'agriculture est le principal secteur d'émission avec plus de 87 % du total des émissions. Par contre, le Mali constitue un puits de CO₂ du essentiellement à l'abandon des terres, des forêts et des plantations (Tableau 36)

Tableau 36: Répartition des émissions par secteurs au Mali

Secteurs	Émissions et absorption en TE-CO ₂	% des émissions
Énergie	968,41	11,17
Procédés industriels	9,58	1,33
Déchets	115,53	0,1
Agriculture	7572,67	87,4
Changement d'exploitation des terres et foresterie	-9748,14	

Source : communication nationale du Mali, 2000

Le principal GES émis au Mali en 1995 a été : le CO₂ 52% du total des émissions suivi du méthane avec 44%, et du N₂O avec 4% (Tableau 37).

Tableau 37: Répartition des types de Gaz à effet de serre au Mali

Types de Gaz	Émissions et absorption en TE-CO ₂	Émissions et absorption en %
CO ₂	-9874,27	52,9
CH ₄	8138,6	43,6
N ₂ O	653,6	3,5

Source : communication nationale du Mali, 2000

Les émissions de GES par les ruminants et le fumier sont probablement considérables du fait du très grand nombre d'animaux. Elles restent cependant à quantifier plus précisément en tenant compte des spécificités liées aux races et au type d'alimentation, etc.

4.4.1.2.2 L'élevage traditionnel, source de dégradation des ressources naturelles ?

Le surpâturage est l'un des principaux risques environnementaux liés à l'élevage extensif de ruminants, dû à une fréquentation excessive des espaces pâturés par rapport à leur capacité de production naturelle. Il entraîne toutes sortes de désordres écologiques (BESSE F. et TOUTAIN B., 2002,)

4.4.1.2.2.1 La dégradation des pâturages

De façon générale, dans les pays sahéliens, la diminution des surfaces pâturables est intervenue au moment où les effectifs des troupeaux ont augmenté sensiblement du fait des campagnes de vaccination et de la diminution corollaire de la mortalité animale (DUFUMIER M., 2012). Il en est résulté fréquemment des phénomènes de surpâturage avec une raréfaction progressive de multiples espèces fourragères, herbacées, arbustives et arborées. Trop nombreux sur des surfaces sans cesse réduites, les animaux domestiques consomment les dernières ressources fourragères avant que celles-ci n'entrent dans leur phase de reproduction. L'appauvrissement de la strate herbacée incite les éleveurs à faire pâturer les ligneux, quitte à devoir émonder prématurément les arbres pour fournir aux animaux le seul fourrage vert accessible pendant la saison sèche.

La dégradation de la végétation prend différentes formes (BESSE F. et TOUTAIN B., 2002 ; DE HANN C. et al., 1997) :

- diminution du couvert végétal, avec des conséquences liées à l'exposition du sol au soleil, à l'évaporation et à l'érosion ;
- appauvrissement floristique des peuplements végétaux et disparition d'espèces rares ;
- expansion de plantes envahissantes. En effet, comme le souligne BOUTRAIS J. (1992) une pâture intense en milieu sahélien déclenche des substitutions en chaîne d'espèces dans les strates herbacée et arbustive (Tableaux 38 et 39).

Tableau 38: Schéma de la dégradation pastorale des steppes sahéliennes

Stades	1	2	3	4
Surface du sol	couverte	couverte	plages dénudées	dénudée
Strate herbacée	graminées annuelles à cycle long (<i>Aristida m.</i>)	graminées annuelles résistantes à la pâture (<i>Cenchrus h.</i>)	herbacées à cycle très court (<i>Zornia gl</i>)	-
Strate arbustive	nombreux arbustes fourragers	arbustes clairsemés	quelques arbustes résistants (<i>Balanites ae</i>)	arbrisseau non fourrager (<i>Calotropis p</i>)

BOUTRAIS J., 1992

A la fin du processus, le couvert herbacé a pratiquement disparu. La raréfaction des arbustes n'entretient plus de foyers de réensemencement des graminées, à l'ombre des feuillages. Le dénudement du sol et le piétinement par le bétail favorisent une érosion éolienne et l'édification des micro-dunes. C'est le début d'une « désertification » BOUTRAIS J., *op cit*).

Tableau 39: Évolution des savanes soumises à une pâture intense et continue

Stades	1	2	3	4	5
Surface du sol	couverte	couverte	couvert discontinu	Dénudée	-
Strate herbacée	grandes graminées appétées	grandes graminées peu appétées	graminées basses	-	petites plantes non appétées
Strate ligneuse	quelques arbustes	arbustes	multiplication d'arbuste	envahissement par <i>Harungana</i>	remplacement d' <i>Harungana</i> par des arbres

BOUTRAIS J., op cit

En fin d'évolution, la surface du sol est dénudée mais les feuillages d'arbustes puis d'arbres interposent un écran protecteur qui freine l'érosion. Le principal danger pastoral n'est pas l'érosion mais la disparition des pâturages sous des formations boisées (BOUTRAIS J., *op cit*, HOFFMAN O., 1985).

En ce qui concerne la faune, les activités humaines comme l'élevage modifient les habitats des animaux, vertébrés et invertébrés, et peuvent entraîner des changements de leur comportement ou de leur capacité de reproduction. Il faut noter que la concurrence entre ruminants domestiques et sauvages est souvent moins forte qu'on ne le croit généralement. L'évolution de l'élevage et notamment son intensification met en péril l'existence de certaines races locales et même de certaines espèces adaptées à des milieux particuliers (BESSE F. et TOUTAIN B., 2002).

4.4.1.2.2 La dégradation des sols

La disparition de nombreux arbres fourragers dans les espaces cultivés soumis à la vaine pâture contribue à réduire la protection des sols contre la violence des pluies et des vents. Avec l'intervention des animaux, physiquement sur le sol par le piétinement, et chimiquement par leurs déjections, les risques de dégradation concernent :

- *les caractéristiques physiques* : ce sont la dégradation de la structure du sol, la baisse de stabilité structurale, le tassement superficiel (diminution de la porosité et de la vitesse d'infiltration de l'eau), l'érosion éolienne et hydrique ;
- *les caractéristiques chimiques* : le pH, la capacité d'échange des cations, le taux de saturation du complexe, les teneurs en éléments minéraux tels que l'azote, le phosphore, le calcium, les oligo-éléments et les minéraux lourds.

4.4.1.2.2.3 La dégradation des eaux douces

Elles regroupent les eaux de surface, telles que les rivières et les mares, et les eaux profondes, qu'il s'agisse des nappes superficielles, accessibles par des puits, ou profondes, extraites au moyen de forages. Les risques de dégradation de cette ressource concernent la pollution chimique ou biologique des points d'eau par les déjections. Les points d'abreuvement du bétail sont des lieux de concentration d'animaux susceptibles de présenter des risques de contamination et d'infestation par les parasites.

Par ailleurs, la course pour l'exploitation des meilleures terres dans les espaces les plus saturés et disputés se traduit souvent par de violents et nombreux conflits entre éleveurs transhumants et agriculteurs sédentaires (DUFUMIER M., 2002). Ces conflits prennent d'autant plus d'acuité que les règles relatives à l'accès aux ressources naturelles sont incertaines et non reconnues. Les relations contractuelles qui existaient communément entre les deux parties (bétail des agriculteurs confié en gardiennage aux éleveurs, contrats de fumure avec parcage nocturne sur les terres à Cultiver) tombent peu à peu en désuétude. Mais comme le dit l'adage populaire, « *il n'y pas de fumée sans feu* ». Et beaucoup d'auteurs, de développeurs et certains anthropologues pensent que l'élevage est une activité dégradante parce que perturbé.

4.4.1.3 L'élevage, une activité qui dégrade parce que perturbé

Les grandes sécheresses de ces dernières décennies ont très fortement pénalisé les éleveurs de façon générale et particulièrement les éleveurs transhumants. Sur un espace pastoral considérablement rétréci et dégradé, les éleveurs n'ont pas toujours pu faire face au manque soudain de ressources fourragères et ont subi une diminution drastique du nombre de leurs animaux : mortalité accrue, vente d'urgence à vil prix (DUFUMIER M. *op cit*). Il s'en est suivi un peu partout au Mali, un véritable transfert de propriété animale au profit d'agriculteurs, de commerçants et de citoyens disposant de numéraire. D'autres ne sont pas parvenus à conserver un bétail important et ont été contraints à la sédentarisation progressive. Ils s'adonnent désormais aussi à l'agriculture, non sans succès, sur les terres les plus ingrates et les plus fragiles. Le constat qui se dégage est que l'agriculteur est aussi l'éleveur et vice versa. Du coup, la problématique des pâturages ne hante plus seulement les éleveurs stricto sensu, mais le paysan tout court.

Au cours de nos enquêtes, nous avons demandé aux chefs d'UPA d'apprécier l'état actuel des pâturages dans les termes suivants : augmentées, diminuées, disparues. Le tableau 40 présente la distribution des opinions vis-à-vis de l'état des pâturages. La grande majorité des paysans considèrent que les pâturages sont en baisse. Deux paysans sur trois (66,09 %) et plus d'un paysan sur trois (33,91 %) considèrent respectivement que les pâturages ont diminué ou tout simplement disparu.

Tableau 40: Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur l'état actuel des pâturage

Situation	Effectifs	%
Augmentées	0	0,00
Diminuées	304	66,09
Disparues	156	33,91
Total	460	100,00

N'DIAYE B. F., 2011

Pour bon nombre de paysans, cette baisse des pâturages commence avec la sécheresse des années 1970 (Figure 73)

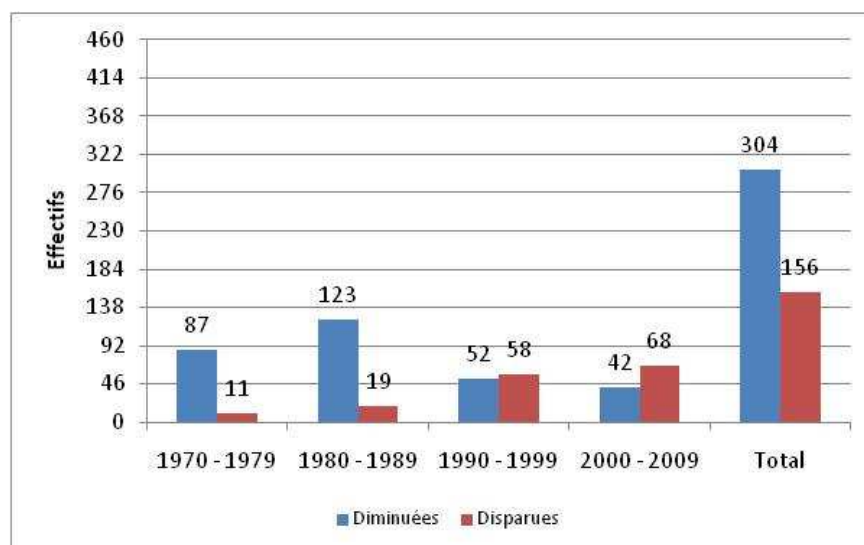


Figure 73 : Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur l'évolution de la dégradation des aires de pâturage entre 1960 et 2009

N'DIAYE B. F., 2011

Au cours de la même enquête, il a été demandé aux enquêtés de se prononcer par rapport aux principaux facteurs qui selon eux ont perturbé l'équilibre écologique des pâturages (Tableau 41). Les facteurs perturbant cités sont le déficit pluviométrique (38,4 %), les feux de brousse (33,26 %) et la multiplication des champs (28,70 %).

Tableau 41: Distribution des chefs d'UPA enquêtés selon les principaux facteurs de perturbation

Facteurs perturbant	Effectifs	%
Déficit pluviométrique	175	38,04
Feux de brousse	153	33,26
Multiplication des champs de culture	132	28,70
Total	460	100,00

N'DIAYE B. F., 2011

En matière d'élevage, le problème des feux de brousse a alimenté une littérature abondante, dans un contexte plus médiatique que scientifique (BOUTRAIS J., 1992). Déjà en 1957, Guilloteau a souligné la divergence des avis des experts quant aux effets des feux (GUILLOTEAU J., 1957). Les uns les condamnaient formellement comme nocifs au manteau forestier et comme agents de dégradation. Pour les autres, c'était un moyen simple pour contrôler l'équilibre entre les herbes et les arbres et, finalement, un outil d'aménagement des pâturages.

Des recherches plus récentes ont montré qu'en savanes, les feux ne représentent pas des accidents. Ils font même partie de ce milieu. En zone climatique pluvieuse, les savanes ne peuvent s'y maintenir qu'à la faveur d'un passage régulier des feux. Il ressort de ces mêmes recherches, que de nombreux suivis d'arrêt des feux, notamment à Lamto (Côte d'Ivoire), ont montré que l'équilibre de la savane est rompu. Des espèces forestières sensibles aux feux s'implantent, augmentant la densité du peuplement ligneux. A la station de Wakwa (Cameroun), des parcs ont été mis en pâture plusieurs années en étant protégé des feux. Au bout de 15 ans, le couvert ligneux a complètement fermé les pâturages « pauvres », sur terrains granitiques. Quant aux pâturages « riches », sur terrains basaltiques, l'absence de feux aboutit à une savane boisée, avec un couvert ligneux de 42 % (RIPPSTEIN G. et BOUDET G., 1985). Pour ces auteurs, les feux constituent un moyen de préservation des savanes et de rendre possible l'élevage sur une grande partie du continent. Toutefois, son efficacité dépend alors de la date de la mise à feu et de la masse de combustible herbacé.

Enfin, comme le souligne BESSE F. et TOUTAIN B. (2002), les systèmes d'élevage ne dégradent pas nécessairement l'environnement. Mais des causes extérieures peuvent conduire à dépasser des niveaux tolérables ou à rompre les équilibres entre populations animales et ressources.

4.4.2 : Les stratégies adoptées face à la dégradation des aires de pâturage

L'élevage, en tant que secteur primaire, est fortement lié à son environnement et à la disponibilité des ressources en eau et fourragères. Ces ressources, sous l'effet conjugué des changements climatiques et de la croissance démographique connaissent depuis plusieurs années, une dégradation continue. Dans le cercle de Banamba, cette dégradation des ressources pastorales est aggravée par le fait qu'il n'existe aucune règle formalisée pour l'accès aux pâturages. Chaque éleveur, pourvu qu'il soit malien, a un accès libre sur tous les pâturages du cercle et en toute saison. De même pour les éleveurs du cercle, il n'existe pas de règle de gestion des ressources fourragères en prévision des années ou des périodes de soudures. Il n'existe pas de zones de pâturage réservées pour permettre de disposer de fourrage permettant de surmonter les crises aiguës pendant la période sèche des mois d'avril à juin, et de rendre le bétail moins vulnérable. Toutefois, face à cette dégradation continue, individuellement des stratégies sont développées.

4.4.2.1 La généralisation de l'agropastoralisme

Face à la dynamique des ressources pastorales, les populations rurales ne sont jamais restées passives. Ils ont toujours essayé d'ajuster leurs pratiques au niveau individuel. Il est en effet reconnu que les activités d'élevage contribuent à la réduction de la vulnérabilité des ménages aux aléas économiques et climatiques. L'autre constat est que les agriculteurs deviennent à différents degrés des éleveurs alors que, de plus en plus de pasteurs (locaux) cultivent. Le qualificatif agro-pasteur reflète plus la réalité que les termes agriculteur ou éleveur qui, employés séparément sont à notre avis restrictifs.

4.4.2.2 La gestion de la mobilité du bétail

Avec la dégradation des pâturages, seule une fraction du bétail peut faire des allers et retours journaliers entre les terres de parcours et les enclos destinés au parcage nocturne à proximité des maisons. Les cultivateurs confient donc une grande partie de leurs troupeaux à des éleveurs transhumants pour que ces derniers les amènent sur des terres de parcours parfois très éloignées des villages. En effet, comme l'expliquent BANOIN M. et JOUVE PH. (2000) « *la mobilité organisée des hommes et des troupeaux est une stratégie de base pour s'adapter à la forte inégalité spatio-temporelle des ressources pastorales et hydrauliques* ». Cette mobilité permet également de compenser le faible taux de renouvellement de ces ressources.

Le pastoralisme n'en reste pas moins une activité précaire, du fait de sa forte dépendance envers un système écologique « sensible » et « instable » (DOTI T., 2010).

Ces mêmes animaux reviennent ensuite sur les finages villageois, en saison sèche, à l'époque de la vaine pâture. Il s'établit une sorte de contrat tacite entre propriétaire de bétail et propriétaire de champs. Certains agriculteurs parviennent alors à s'entendre avec les éleveurs pour que ceux ci parquent les animaux sur leurs parcelles durant la nuit. Les paysans s'efforcent en effet généralement de fertiliser abondamment leurs parcelles, ou du moins les champs les plus proches des villages et les plus intensément cultivés, grâce aux déjections apportées par ce parage de nuit.

Toutefois, les avantages liés à la vaine culture doivent être nuancés. La vaine pâture, peu coûteuse en travail, peut être à l'origine d'un gaspillage de paille (DUGUE P. et GIGOU J. 2002). Les auteurs évoquent notamment le cas des périmètres irrigués où une grande part de la paille de riz laissée au champ est mal valorisée par le bétail. Après piétinement par les troupeaux, cette paille n'est plus consommable et bien souvent détruite par le feu avant la remise en culture de la parcelle. En outre, la vaine pâture ne profite pas toujours aux propriétaires des parcelles cultivées : en l'absence de contrat de parage, les troupeaux transhumants prélèvent des ressources fourragères qui peuvent entraîner un transfert de fertilité vers des situations sans intérêt pour les agriculteurs : parc en dehors du terroir villageois ou dans des zones incultes. Pour améliorer l'efficacité des transferts de fertilité dus à l'élevage, une coordination des interventions est parfois nécessaire. Lorsque les ressources fourragères se raréfient, agriculteurs et éleveurs doivent trouver des solutions pour éviter les pertes et les gaspillages. Le stockage des résidus de récolte et la distribution de rations correspondant aux besoins des animaux se généralisent. Ceci permet d'éviter les départs en transhumance des animaux du terroir, contribue à l'accroissement de la production de fumure animale et, de ce fait, agit sur la fertilité des terres.

4.4.2.3 La stabulation du bétail, une réponse à la diminution des pâturages

Depuis les grandes sécheresses de 1972 – 1973 et 1983 – 1984, les agro-pasteurs ont tendance, à partir de la fin des années 1980, à pratiquer un élevage de concession. Pendant la saison des pluies et jusqu'à la période des récoltes, les animaux sont conduits loin des champs dans des espaces ouverts à tous. L'abreuvement aussi se fait aussi dans des mares qui sont en

accès libre. Cette tâche est confiée aux enfants, mais il n'est pas rare de voir le troupeau de tout le village confié à un peuhl.

C'est surtout pendant la période sèche que le problème de pâturage se pose. En raison d'une saison des pluies médiocre, les pâturages s'épuisent rapidement causant une crise importante. Souvent déjà en janvier il n'y a plus d'herbe en plaine ; et c'est seulement en juillet que démarre la mousson. Pendant ces périodes, les stratégies pour « vivre avec la vulnérabilité » (Bohle, 2007) saisonnière, sont diversifiées. Les agro-pasteurs sont obligés d'acheter des aliments pour le bétail. Les compléments alimentaires (tourteaux, résidus de culture) deviennent aussi indispensables alors que les deux n'existaient pas avant 1984 (année de référence de la dernière grande sécheresse) (Figure 74).

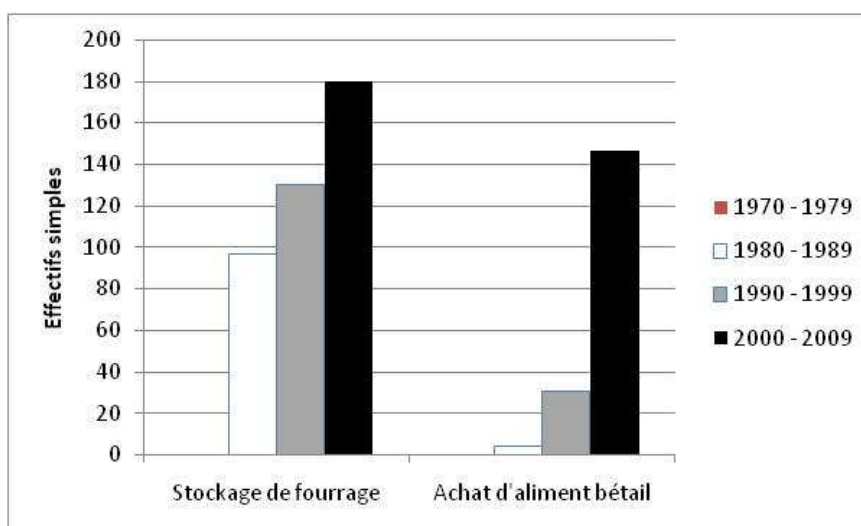


Figure 74 : Évolution des stratégies d'alimentation du bétail

N'DIAYE B. F., 2011

4.4.2.4 La décapitalisation

Certains agro-pasteurs décapitalisent pour acheter du tourteau en vendant une partie du cheptel, souvent d'ailleurs au moment où le prix du bétail est le plus faible sur le marché – jusqu'à un tiers du troupeau (GANGNERON F., 2010). Certains autres, de gros éleveurs, font des ventes massives. Ils décapitalisent un nombre important de taureaux ou de moutons. L'argent ne sert pas uniquement à acheter des compléments, les éleveurs s'en servent également pour acheter la ration alimentaire de leur famille, pour faire face à certaines dépenses (éducation des enfants, santé....). Ces pratiques ne sont pas seulement propres au cercle de Banamba. Elles ont aussi été observées au nord du pays notamment à Hombori (BECERRA S. et al., 2010).

4.4.2.5 L'usage des résidus de culture

Avant les sécheresses, la pratique courante était de laisser tous les résidus dans les champs, qui devenaient du coup le lieu de pâture privilégié. La succession des années de crise en matière de pâturage, a conduit les agro-pasteurs à ne plus laisser les résidus dans les champs. Les tiges de mil / sorgho ainsi que les fanes d'arachide et de haricot sont fauchées, transportées et stockées sur les toits, dans les fourches des arbres, etc. Cette tâche est particulièrement ardue surtout lorsque les champs sont très loin du village. Le portage des stocks se fait parfois sur plus de 15km. Certains en font d'ailleurs une activité génératrice de revenu. Cette « deuxième récolte » avec certains herbacées sont parfois vendues sur le marché ou sur commande. Les prix varient entre 1000 à 4000 FCFA. Le stockage des résidus de culture, en rendant la pratique de la vaine pâture caduque, expose les sols aux effets de l'érosion éolienne et hydrique.

A la lumière des points 4.1 à 4.4 ci-dessus développés, on en conclut que la dégradation des ressources naturelles renouvelables est un processus complexe. Le climat a une incidence directe sur la productivité agricole. Toute modification au niveau de celui-ci est ressentie par les paysans. Une bonne pluviométrie, du point de vue agronomique, entraîne une bonne année agricole. “*Samian yeena*” (la saison pluvieuse a été bonne) diront les paysans. Avec la très grande variabilité climatique suivie d'une diminution considérable des quantités précipitées à partir de 1967, commencent aussi pour le paysan de Banamba les années d'incertitude et d'insécurité alimentaire.

Le système de production repose essentiellement sur les ressources naturelles renouvelables (sol, végétation, eau et faune). Les pratiques agricoles traditionnelles, en particulier les cultures itinérantes, ne posaient pas de problème particulier dans le passé parce que la population du cercle était beaucoup moins nombreuse qu'aujourd'hui. La variabilité climatique étant naturelle, les communautés ont appris à vivre avec et à s'adapter. Il n'y aurait aucune inquiétude, si un deuxième et un troisième “larron” ne s'étaient mêlés de la danse : le changement du climat local et la croissance démographique.

En pointant du doigt le climat, le paysan ne fait pas une fuite en avant. Il a plutôt une vision holistique des difficultés auxquelles il est actuellement confronté. Dans un contexte de péjoration du climat et de croissance démographique, la sollicitation déjà très élevée des

ressources naturelles s'accroît en raison de la baisse de productivité qu'entraîne le premier facteur et de l'augmentation des divers besoins alimentaires et non alimentaires qu'entraîne le deuxième. Cette situation enferme les communautés rurales dans un cercle vicieux de réactions de plus en plus destructrices (Figure 75). En d'autre terme, les personnes démunies des zones rurales qui vivent dans l'insécurité alimentaire ont tendance dans un premier temps à surexploiter les ressources naturelles renouvelables dans leur lutte pour survivre. Dans un second temps, les pressions économiques dues à l'augmentation de la population, ont conduit à une surexploitation de ces ressources, parce que la pauvreté oblige les populations dont la subsistance dépend de la terre et de la végétation à surexploiter celles-ci pour s'alimenter, se loger et disposer de sources d'énergie et de revenus. La baisse des productivités entraîne une chute des revenus des paysans les plaçant du coup dans une situation d'insécurité alimentaire. Les tentatives de lutte contre l'insécurité alimentaire augmente la pression sur les ressources et du coup leur dégradation. La dégradation des ressources, du fait de ses effets négatifs sur la production agricole, entraîne l'insécurité alimentaire. La baisse des productivités due en tout premier lieu à la péjoration climatique est en même temps la cause et la conséquence de la dégradation des terres.

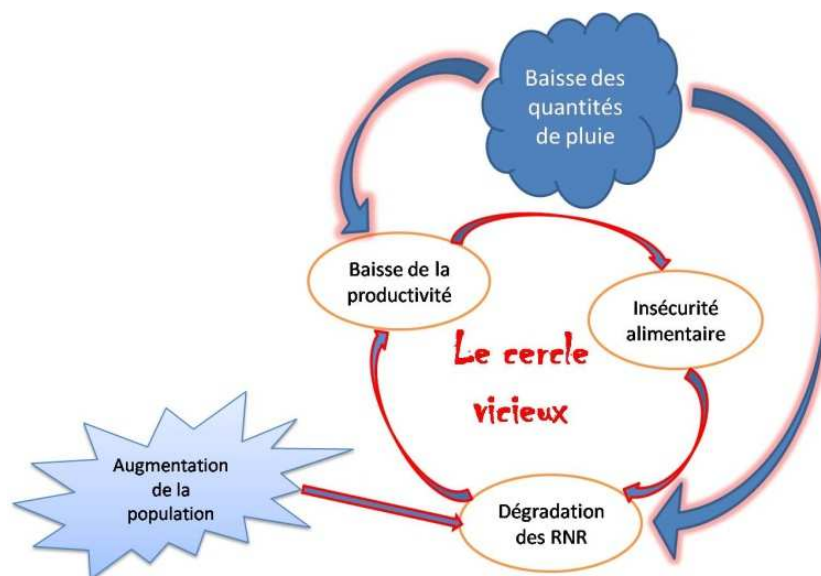


Figure 75 : la problématique du changement climatique au niveau local

N'DIAYE B. F., 2011

Ces allégations des paysans sont d'ailleurs confirmées par les études réalisées au niveau national et par la communauté scientifique internationale. Selon les experts de la DNEF (2012), le climat est l'un des principaux facteurs qui met à risque de manière récurrente la sécurité alimentaire. Il affecte la disponibilité et l'accessibilité de la nourriture par sa

variabilité et ses manifestations extrêmes comme les sécheresses, les inondations, les vagues de chaleurs et les vents violents.

Le Sahel de façon générale montre en effet une bonne corrélation entre les années de mauvaise pluviométrie et les années de crises alimentaires. Les années 1973, 1985, 1996, 1998, 2001, 2005 et 2011 qui ont été des années de sécheresse et aussi des années de crises alimentaires ou de famine dans certaines localités ou dans la totalité du Sahel illustrent bien cette corrélation.

Conclusion générale

Notre recherche s'est construite autour de l'impact des changements climatiques actuels sur les systèmes de production agricoles, en accordant une place primordiale aux perceptions et pratiques paysannes. Cette étude s'inscrit donc dans les interactions nature/société dans une perspective dynamique. Elle s'intéresse particulièrement aux interactions entre les trois maillons de l'espace géographique que constituent l'écosystème, l'agro-système et le socio-système. Il s'agissait d'appréhender le milieu globalement, c'est-à-dire comme un ensemble dans lequel les éléments naturels et les éléments humains entretiennent des rapports dialectiques et dans une perspective durable. L'échelle d'étude est d'autant plus importante pour nous dans la mesure où l'explication des relations qu'entretiennent les paysans avec leur milieu s'avère nécessaire.

Pour saisir pleinement ces enjeux multi-dimensions, nous avons eu recours à un complexe méthodologique qui mobilise différents niveaux d'analyse, offrant une occasion de convergence des sciences sociales et des sciences de la nature. Au départ nous avons tout d'abord associé « démarche qualitative » aux « techniques » d'enquête dites quantitatives. La première concerne la question de la construction de la réflexion de recherche et le choix d'appréhender les relations entre représentations/pratiques/espace physique par une démarche qualitative. Le recours aux enquêtes de terrain est privilégié dans la connaissance des perceptions, dans la mesure où elles permettent d'associer des variables environnementales et climatiques, et les façons dont ces variables sont perçues et se construisent, soit à partir des données socioculturelles, soit à partir de l'expérience propre à chaque individu. Un autre niveau d'analyse est la dynamique des paysages en termes de quantification des unités d'occupation du sol de fonctionnement et d'évolution, grâce à une méthodologie rigoureuse offerte par la télédétection, outil multi-dates, multi-résolution.

Ne perdons pas de vue qu'un des problèmes majeurs dans ce type d'approche réside surtout dans les difficultés à maîtriser les interactions qui régissent les trois systèmes complexes, notamment les écosystèmes productifs (les écosystèmes naturels), les agro-écosystèmes (les écosystèmes produits) et les socio-systèmes (les organisations socio-économiques et politiques). Une autre difficulté se situe dans l'identification des niveaux d'articulations, des

facteurs déterminants, et au besoin, à prévoir leur évolution. D'où la complexité mais aussi l'intérêt de cette étude où le recours à cette approche transversale a permis enfin de compte de comprendre les dysfonctionnements entre actions humaines et dynamiques environnementales, ainsi que les mutations en cours.

L'évolution des exploitations de production agricole dans le cercle de Banamba dépend du changement climatique et de la dynamique des états de surface. Elle est également tributaire de divers facteurs démographiques et économiques tels que l'augmentation de la population et la cherté des prix entre autres. En effet, il serait restrictif de tout justifier par des causes naturelles ou de tout expliquer par des lois sociodémographiques. Entre la fatalité climatique et les pressions sociodémographiques, il serait plus pertinent d'interroger simultanément les phénomènes naturels, les réalités anthropiques et leurs imbrications.

Au cours des soixante dernières années, dans le cercle de Banamba, le climat a beaucoup évolué au niveau du cercle de Banamba. Incontestablement, la pluviométrie annuelle a changé au cours de cette période. Les précipitations annuelles ont diminué de façon très importante. Cette variation semble être apparue à la fin de la décennie 1960 et au tout début de la décennie 1970. Cela fait donc maintenant plus de quatre décennies qu'elle perdure. Globalement, la tendance est au raccourcissement de la saison pluvieuse. Le nombre annuel de jours de pluie a changé au cours des dernières décennies. Le plus souvent, on enregistre une diminution importante du nombre de jours. Très vraisemblablement, la saison des pluies présente désormais un déroulement différent de ce qu'il était précédemment.

A l'échelle locale, celle d'une collectivité décentralisée comme Banamba, on ne peut que constater les faits : baisse de la pluviométrie, réduction de la durée de la saison pluvieuse et du nombre de jours pluvieux, fréquence accrue des vents et poussières de sable, etc. Malgré leur sérieux, les travaux scientifiques ne donnent que des probabilités prévisionnelles et fragmentaires et cette incertitude rend difficile, voire complexe la recherche des réponses et modalités d'adaptation. Les savoirs locaux par contre, rendent bien compte des modifications intervenues dans le climat pendant ces dernières décennies et permettent d'affirmer l'existence de changements climatiques au niveau du cercle de Banamba. Les paysans de Banamba possèdent des connaissances climatiques qui leur sont propres, basées sur le vécu. Il

s'agit d'un savoir endogène caractérisé le plus souvent par une traditionalisation des phénomènes naturels.

De même, ils ont une bonne appréciation des dynamiques des états de surfaces. En effet, il y a une concordance dans le discours communautaire sur les ressources naturelles et ce que nous montre l'analyse des images satellitaires. Ce qui leurs permet par conséquent d'adopter des stratégies pour faire face aux changements environnementaux ou d'anticiper sur eux.

Ainsi, il apparait clairement que l'agriculture reste encore au cœur des moyens d'existence des exploitations agricoles de Banamba. Mais elle dégage des revenus insuffisants du fait de la baisse continue des productivités agricoles due à la diminution des quantités de pluie. Pour palier la faiblesse globale des revenus agricoles, les paysans diversifient leurs systèmes d'activités et leurs sources de revenus. C'est dans cette même optique que les agriculteurs deviennent à différents degrés des éleveurs et que, de plus en plus de pasteurs (locaux) cultivent. En clair, on peut constater que l'on va vers un mode agro-pastoral unique au sein des exploitations agricoles du cercle. Il semble donc les populations du cercle à l'instar de bien d'autres communautés, ont l'habitude de s'adapter en développant des stratégies fines et durables pour faire face au changement. Quand bien même elles l'interprètent avec fatalisme, elles arrivent toujours à puiser des ressources dans leurs connaissances traditionnelles pour trouver des solutions.

Toutefois, l'analyse des exploitations agricoles *in fine* montre que les communautés de Banamba sont particulièrement vulnérables aux conséquences des changements climatiques, parce que leurs moyens de subsistance sont liés de manière directe aux conditions climatiques. La pauvreté représente elle-même une cause majeure de vulnérabilité aux conséquences des changements climatiques. En outre, le manque de capacités (techniques, humaines et financières) rendent plus difficiles l'adaptation aux conditions changeantes et l'atténuation des risques. En d'autres mots, les changements climatiques intensifient tout d'abord les problèmes déjà présents et auxquels sont confrontées les populations, et celles-ci connaissent généralement des difficultés à répondre et à s'adapter à ces nouveaux défis. Actuellement, elles se rendent compte que leurs expériences et leurs stratégies habituelles ne sont plus suffisantes pour répondre à l'intensité et à la fréquence du changement climatique.

Face au changement climatique et à la modification des états de surfaces, les communautés rurales du cercle de Banamba ne sont jamais restées passives. Au contraire, elles ont subi elles-mêmes certaines mutations. D'ailleurs, les stratégies d'adaptation sont elles même autant de signes de transformations économiques et socioculturelles des communautés rurales.

En fin de compte, changements climatiques, dynamique des états de surfaces, systèmes de production agricole renvoient tous aux enjeux environnementaux actuels, qui s'inscrivent à l'interface nature/société, et qui ont été au premier plan de nos préoccupations. L'équation qui se pose aux communautés de Banamba s'exprime en ces termes : dans le contexte actuel de changement climatique et de croissance démographique, sur quelle base asseoir l'utilisation de ressources naturelles, bases productrices des exploitations agricoles ? En clair, comment répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs (rapport " Notre avenir à tous ", Gro Harlem Brundtland, Commission Mondiale des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, 1987). La résolution de cette équation ne doit être envisagée que dans une perspective de développement durable.

Le développement durable est en plus systémique et local. En effet, au delà de l'étude des clivages, il s'intéresse plus aux interrelations nature/société. Il apporte une nouvelle dimension parce que sa mise en pratique suppose une interaction entre trois piliers indissociables du développement : le social, l'économique et l'écologique (figure 74). Il intègre donc l'écologie et l'environnement, mais aussi le contexte économique et social qui interagit sur l'individu et sa vie quotidienne, dans toutes les dimensions de l'être humain : sociale, intellectuelle, culturelle, affective et aussi spirituelle.

A l'échelle locale, celle d'une communauté rurale, la perspective du développement durable consiste non seulement à prendre en compte les connaissances et pratiques communautaires, mais à les mettre en avant pour toute initiative de développement. S'il est vrai que l'adaptation au changement climatique n'est plus une option, il est tout aussi vrai que, dans la recherche des réponses et modalités d'adaptation, la connaissance fine des communautés les plus vulnérables et de leurs expériences est nécessaire. Le bon sens veut que l'on ne cherche pas à résoudre des problèmes spécifiques par des solutions globales. Alors l'adaptation au changement climatique doit s'inscrire non pas dans la logique du « *penser global, agir local* », mais plutôt dans celle « *d'agir local et penser global* ».

Références bibliographiques

Ouvrages méthodologiques

AURAY J.-P., BAILLY A., DERYCKE P.-H., HURIOT J.-M., 1994 : Encyclopédie d'économie spatiale : Concepts, comportements, organisation, Paris, Economica, 427 p.

BACHELARD G., 1986 : La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective. (Bibliothèques des textes philosophiques). 13^{ème} édition, Paris, Librairie Philosophique Joseph Vrin, 1986. 256 pages. 1^{ère} édition 1938.

BADIE B., 1995 : La fin des territoires, Fayard. 278 p

BAILLY A., 1977 : La perception de l'espace urbain : Les concepts, les méthodes d'études, leur utilisation dans la recherche urbanistique. Paris : Centre de Recherche d'urbanisme (éd.), 264 p.

BAILLY A., FERRAS R., PUMAIN D. (Eds), 1992 : *Encyclopédie de la Géographie*. Paris: Economica, 1132 p.

BELTRANDO G., CHEMERY L., 1995 : *Dictionnaire du climat*. Edit. Larousse, collection Références, 344 p.

BERTRAND C., BERTRAND G., 2002 : Une Géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités. Paris : Arguments, coll. parcours, 311 p.

BRUNET R., DOLLFUS O. (dir.), 1990 : Géographie universelle, t. 1 : Mondes nouveaux, Belin/Reclus, 552 p.

FRÉMONT A., 1976 : *La région, espace vécu*. Paris : PUF, 223 p.

GEORGE P., VERGER F., 1970 : *Dictionnaire de géographie*, Paris : Presses Universitaires de France, 496 p.

GRAS R., 1989 : Systèmes de culture, définition et concepts clés. Antibes, France, INRA/Station d'Agronomie, 14 p.

MOFAUX L.M., 1980 : Vocabulaire de la philosophie et des Sciences Humaines : Dictionnaire. Paris: A. Colin, 399 p.

OLIVIER DE SARDAN J.P., 1995 : Anthropologie et développement. Essai en socio-anthropologie du changement social. Paris : Karthala. 221 pages.

REY-DEBOVE J. (Ed.), 2006: Dictionnaire historique de la langue française, Paris, Dictionnaires Le Robert.

REY-DEBOVE J., REY, A. (Eds), 2007: Le Nouveau Petit Robert, Paris, Dictionnaires Le Robert

ROUGERIE G., 1991 : Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes. Paris : Ar. Colin, 302 p.

TACHÉ A., 2003 : L'Adaptation : un concept sociologique systémique. Paris, L'Harmattan, 364 p.

Ouvrages généraux

AG SIDIYENE E., 1996: Des arbres et des arbustes spontanés de l'Adrar des Iforas (Mali). Montpellier: ORSTOM-CIRAD, 153 p.

ALLÈGRE C., 2010 : L'imposture climatique ou la fausse écologie. Plon, 293 p.

BECERRA S., DEMANTE M.-J., BONNET B., GUIBERT B., BONNASSIEUX A., NDAO I., CIAVOLELLA R., DIA A.H., GANGNERON F., 2010 : Contribution des actions publiques liées au sous secteur de l'élevage à réduire la vulnérabilité des populations rurales : Etat des lieux, effets et liens à la gestion effective. Projet ANR Elevage-Climat-Sociétés (ECLIS). 199 p.

BELIERES J.-F., BONNAL P., BOSC P.-M., LOSCH B., MARZIN J., SOURISSEAU J.-M., BARON V., LOYAT J., 2013 : Les agricultures familiales du monde. Définitions, contributions et politiques publiques. CIRAD/AFD, 276 p.

BÉLIÈRES J. F., COULIBALY Y., KEITA A., SANOGO M. K., 2003 : Caractérisation des exploitations agricoles de la zone de l'Office du Niger en 2000. Ségou : URDOC/ON Nyeta Conseils, 101 p.

BELLEFONTAINE R., GASTON A., PETRUCCI. Y., 1997 : Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. CAHIER FAO, CONSERVATION 32, 316 p.

BIRAGO D., 1961 : Les contes d'amadou Koumba, Paris, Ed. Africaines, 182 p.

BLUNDELL K., ARMSTRONG F., 2007: *Energy Beyond Oil*. Oxford : Oxford University Press, 240 p.

BODIGUEL M., 1986 : Le rural en question : Politiques et sociologies en quête d'objet. Paris, L'Harmattan, 183 p.

BOLZA E., KEATING W.G., 1972: African timbers. The properties, uses and characteristics of 700 species. Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization,, 723 p.

BOUDET G., 1984 : Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT, 124 p.

BREMAN H., KESSLER J.J., 1995 : Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions, with an emphasis on the Sahelian countries. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 340 p.

BRUNEL J.P., BOURON B., 1992 : Évaporation des nappes d'eau libre en Afrique sahélienne et tropicale. ORSTOM, 413 p

BURTON I., KATES R.W., WHITE G.F., 1993: *The Environment As Hazard*. New York : Guilford Press, 290 p.

BUSSON F., 1965 : Les plantes alimentaires de l'Ouest africain. Marseille : Étude botanique, biologique et chimique. Marseille : Imprimerie Leconte, 568 p.

COURTILLOT V., 1995 : La Vie en catastrophes. Paris: Fayard, 278 p.

DE HAAN C., STEINFELD H., BLACKBURN H., 1997: Elevage et environnement. À la recherche d'un équilibre, 115 p. [Commission européenne, FAO et Secrétariat d'Etat à la coopération pour la version française]

DE LAUWE C., POITEVIN., 1957 : Gestion de l'exploitation Agricole. Dunod, 222 p.

DUFUMIER M., 1996 : Les projets de développement agricole, manuel d'expertise_ CTA Paris : Karthala, 254 p.

ERNY P., 2001 : L'homme divers et un, positions en anthropologie. Paris, Éd. de L'Harmattan, 313 p.

ESTIENNE P., GODARD A., 1970 : *Climatologie*. Paris: Ed. Armand Colin. Collec. "U", 365 p.

ETKIN N.L., 1994: Eating on the wild site: the pharmacologic, ecologic and social implications of using noncultigens. Tucson : University of Arizona Press, 305 p.

FLORET C., SERPANTIÉ G., 1991 : La jachère en Afrique de l'Ouest. Montpellier, Edition ORSTOM, série colloques et séminaires, 494 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1999 : *Situation des forêts dans le monde*. FAO, Rome, 154 p

GODARD A., TABEAUD, M., 1993: Les climats, mécanismes et répartitions. Ed. Armand Colin, collec. "CURSUS", 191 p.

GUMUCHIAN H., 1991 : Représentations et aménagement du territoire. Paris: Economica, 135 p.

JACQUES G., LE TREUT H., 2004 : Le changement climatique. Lavoisier 160 p.

KOWAL J.M., KASSAM A.H., 1998: Agricultural Ecology of Savanna: a Study of West Africa. Clarendon Press, Oxford, UK, 403 p.

LEBIGRE J.-M., DUMAS P. (sous la direction de), 2010 : La Brousse calédonienne. Transformations et enjeux. Actes du 20^e colloque Corail, Nouméa, 29-30 septembre 2007. Paris, L'Harmattan, Coll. Portes Océanes, 202 p.

LESCLINGAND M., 2004 : Nouvelles pratiques migratoires féminines et redéfinition des systèmes de genre. Une analyse à partir des changements démographiques en milieu rural malien. Paris : Institut d'Etudes Politiques, 312 p.

MAGNAN A., GARNAUD B., BILLÉ R., GEMENNE F., HALLEGATTE S., 2009 : La Méditerranée au futur : des impacts du changement climatique aux enjeux de l'adaptation. Paris, Iddri series, 43 p.

MAGNY M., 1995 : Une histoire du climat. Des derniers mammouths au siècle de l'automobile. Ed. Errance, 176 p.

MEILLASSOUX C., 1992 : Femmes, greniers et capitaux. Paris, L'Harmattan, 251 p

METTRICK H., 1994 : Recherche agricole orientée vers le développement. Wageningen, ICRA, 240 p.

MORAN E.F., 2000: Human Adaptability, Boulder, Westview Press, 258 p.

MVONE NDONG S.-P.E., 2008 : La nature, entre rationalité et spiritualité. Paris : L'Harmattan, 148 p.

NICHOLSON W., 2001: Microeconomic theory: Basic principles and extensions, Mason: Thomson South-Western, 848 p.

PEARCE D. W., WARFORD J. J., 1993: *World without End: Economics Environment and Sustainable Development*. New York: Oxford University Press, 440 p.

POLLET E., WINTER G., 1971 : La Société soninké (Dyahunu, Mali). Bruxelles : Editions de l'université de Bruxelles, 566 p.

Programme des Nations Unies pour le Développement, 2001 : L'Avenir de l'Environnement en Afrique (AEO). Le passé, le présent et les perspectives d'avenir. Royaume-Unis : Earthprint Limited, 422 p.

RAFFESTIN C., 1980 : Pour une géographie du pouvoir. Paris : LITEC, 249 p.

REVEL J. (dir.), 1996 : Jeux d'échelles. La micro-analyse à l'expérience. Paris : Gallimard et Le Seuil, coll. Hautes Études, 243 p.

ROSSI G., 2000 : L'Ingérence écologique : environnement et développement rural du Nord au Sud. Paris : CNRS Edition, 256 p.

ROSSI G., LAVIGNE-DELVILLE Ph., NARBEBURU D. (éds.), 1998 : Sociétés rurales et environnement : gestion des ressources et dynamiques locales au Sud. Karthala / Regards / Gret, 402 p.

SMITH J. B., KLEIN RICHARD J. T., HUQ S., 2003: Climate Change, Adaptive Capacity and Development, Imperial College Press, 347 p.

STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M., DE HAAN C., 2006 : Livestock's long shadow. *Environmental issues and options*. Rome : FAO, 416 p.

TABEAUD M., 2000 : La climatologie. Ed. Armand Colin, collec. I^o cycle - ad Hoc, cours entraînement, 175 p.

THIOMBIANO T., 2004 : Economie de l'environnement et des ressources naturelles. Paris : l'Harmattan, 341 p.

WEBER J., 1995 : Gestion des ressources renouvelables : fondements théoriques d'un programme de recherche, 21 p.

Mémoires et thèses

AAWI P., 2010 : L'ethno-climatologie comme une nouvelle approche de l'étude des faits climatiques et agricoles du Togo : cas du pays Kabiye. Lomé: Université de Lomé-LaBRE, Thèse de Doctorat, 427 p.

BADO B. V., 2002 : Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse, Laval : Université de Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation ; 196 p.

BIGOT S., 2004 : Variabilité climatique, interactions et modifications environnementales. L'exemple de la Cote d'Ivoire. Lille : Université de Lille, HDR, 398 p.

BLOT F., 2005 : Discours et pratiques autour du "développement durable" et des "ressources en eau". *Une approche relationnelle appliquée aux bassins d'Adour-Garonne et du Segura*. Thèse de Doctorat, Université Toulouse II – le Mirail, 543 p.

BOURGAIN D., 1988 : Discours sur l'écriture. Analyse des représentations sociales de l'écriture en milieu professionnel. Besançon : Université de Besançon, Thèse de Doctorat d'État, 100 p.

BROU T. Y., 1997 : Analyse et dynamique de la pluviométrie en milieu forestier ivoirien : recherche de corrélations entre les variables climatiques et les variables liées aux activités anthropiques. Abidjan : *Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle*, 210 p.

BROU T. Y., 2005 : Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques. Lille : USTL, mémoire de synthèse présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches, 226 p.

COULIBALY D., 2002 : Evaluation des potentialités pastorales des parcours de la commune de DUGUWOLOWULA. Bamako, ISFRA, mémoire de DEA, 65 p.

GAZULL L., 2008 : Le bassin d'approvisionnement en bois-énergie de Bamako. Une approche par un modèle d'interaction spatiale. Thèse, Paris : Université Paris Diderot, UFR / GHSS, 422 p.

JOUBE Ph., 1997 : Approche systémique des modes d'exploitation agricole du milieu rural. Paris : Paris X, Dossier D'Habilitation à Diriger des Recherches, 147 p.

LEROUX M., 1983 : Le climat de l'Afrique tropicale. Éd. Statkine-Champion, Thèse d'état, 636 p.

NOUFE D., 2011 : Changements hydroclimatiques et transformations de l'agriculture : l'exemple des paysanneries de l'Est de la Côte d'Ivoire. Paris : Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Thèse de Doctorat, 375 p.

SOUMARE M., 2008 : Dynamique et durabilité des systèmes agraires à base de coton au Mali. Paris : Université de Paris 10, Thèse de doctorat, 371 p.

TSALEFAC, 1999 : Variabilité climatique, crise économique et dynamiques des milieux agraires sur les hautes terres de l'ouest du Cameroun. Yaoundé : Université de Yaoundé, Thèse de doctorat d'Etat, 460 P.

Articles et périodiques

ADGER W.N., BROWN K., HULME M., HUQ S., 2003 : Adaptation to Climate Change in the Developing World. Progress in Development Studies, Vol. 3, pp. 179-195.

ALAIN F., MOHAMED T., 2012 : L'Afrique face aux changements climatiques. *Les Cahiers d'Outre Mer* [En ligne], 260 | Octobre-Décembre 2012, 5 p. Consulté le 30 octobre 2013. URL : <http://com.revues.org/6692>

ALARY V., LHOSTE P., 2002 : Le diagnostic des systèmes d'élevage. In *Mémento de l'agronome*. Montpellier : CIRAD-GRE-MAE, pp. 1239-1266.

ARONSON J., FLORET C., LE FLOCH E., OVALLE C., PONTANIER R., 1993 : Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the South. *Restoration Ecology*, 1, (1), pp. 8-17.

ATTANÉ A., GREMONT C., OUMAROU A., 2013 : Perceptions et représentations des changements climatiques et environnementaux. Marseille, 11 et 12 mars 2013 ; Scape, Volet Sciences humaines et sociales. 18 p. URL : http://www.locean-ipsl.upmc.fr/~ESCAPE/pdf/WP2/Attane_Perceptions_et_representations.pdf

BACH J-F., DER COURT J. (dir.), 2009 : Libres points de vue d'Académiciens sur l'environnement et le développement durable. Académie des sciences (France), pp. 4-13.

BADOUIN R., 1987 : L'analyse économique du système productif en agriculture. *Cahiers des Sciences Humaines*. 23 (3-4), pp. 357-375.

BANOIN M., JOUVE PH., 2000 : Déterminants des pratiques de transhumance en zone agropastorale sahéenne : cas de l'arrondissement de Mayahi, au Niger. In Bourbouze A. (ed.), Qarro M. (ed.). *Rupture : nouveaux enjeux, nouvelles fonctions, nouvelle image de l'élevage sur parcours*. Montpellier : CIHEAM, 2000. pp. 91-105 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, n. 39)

BERGERET A., 1986 : Nourritures de cueillette en pays sahéen. Paris : *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* 33, pp. 91-129.

BERGERET P., DUFUMIER M., 2012 : Analyser la diversité des exploitations agricoles. *Mémento de l'agronome*. Montpellier CIRAD-GRE-MAE, pp. 321-344.

BERIDOGO B., 1999 : la famille : structure et diversité. In BOCQUIER P., DIARRA T. (Coord.), *Population et Société au Mali*. L'Harmattan, pp. 121-140.

BERTRAND C., BERTRAND G., 1975 : Pour une histoire écologique de la France rurale. In DUBY G., WALLON A., *Histoire de la France rurale*. T. 1, pp. 34-113.

BERTRAND A., BESSE F., GAIDET-DRAPIER N., HAMEL O., TOUTAIN B., 2002 : La gestion des forêts et des pâturages. In *Mémento de l'agronome*. Montpellier : CIRAD, pp. 257-295.

BESSE F., TOUTAIN B., 2002 : L'élevage et l'environnement. In *Mémento de l'agronome*. Montpellier : CIRAD, pp. 1313-1324.

BLANC-PAMARD C., 2007 : Milieu naturel. In BONTE P., IZARD M. (Eds), *Dictionnaire de l'ethnologie et de l'anthropologie*, Paris, Presses universitaires de France, pp. 478-480.

BOHLE H.-G., 2007: Living with vulnerability. Livelihoods and human security in risky environments, UNU-EHS, Inter-Sections, n°6, 32 p. URL: http://www.munichre-foundation.org/dms/MRS/Documents/InterSection2007_Bohle_Vulnerability.pdf

BONTE P., IZARD M. (Eds), *Dictionnaire de l'ethnologie et de l'anthropologie*, Paris, Presses universitaires de France, pp. 478-480.

BORZEIX A., 2007 : Jeux d'échelle. *Le Libellio* d'Aegis, volume 3, n° 2, printemps, pp. 25-28.

BOUTRAIS J., 1992 : L'élevage en Afrique tropicale : une activité dégradante ? In PONTIÉ G., GAUD M. *l'environnement en Afrique*, Revue Afrique contemporaine N° 161, Paris : La Documentation Française, pp. 109-125.

BRABANT P., 1992 : La dégradation des terres en Afrique. In PONTIÉ G., GAUD M. *L'Environnement en Afrique*, Revue Afrique contemporaine, N° 161. Paris : La Documentation Française, pp. 90-108.

BROSSIER J., 1987 : Système et système de production. Note sur ces concepts. *Cahiers des Sciences Humaines*. 23 (3-4), pp. 377-390.

BROU T. Y., SERVAT E., Paturel J.E., 1998 : Contribution à l'analyse des interrelations entre activités humaines et variabilité climatique : cas du sud forestier ivoirien. Paris : *Académie des sciences / Elsevier*, t.327, série II, pp. 833-838.

BROU Y.T., CHALEARD J-L., 2007 : Visions paysannes et changements environnementaux en Cote d'Ivoire. In *Annales de Géographie*. 653, pp. 66-87.

BUISHAND T.A., 1982 : Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, 58, pp. 11-27.

BUISHAND T. A., 1984 : Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series. *Journal of Hydrology*, 58, pp. 51-69.

CAILLAULT S., BALLOUCHE A., DELAHAYE D., 2012 : Vers la disparition des brousses ? Analyse multi-scalaire de la dynamique des paysages à l'ouest du Burkina Faso depuis 1952. *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, article 599, 18 p. Consulté le 24 mai 2012. URL : <http://cybergeo.revues.org/25264>.

CHALEARD J-L., 1988 : La place des cultures vivrières dans les systèmes de production en agriculture de plantation : le cas du département d'Agboville (Côte d'Ivoire). *Cahiers des Sciences Humaines*, (24) pp. 35-49.

CHAMARD P., COUREL M.F., ADESIR-SCHILLING M., 1997 : L'inondation des plaines du delta intérieur du Niger (Mali). Tentatives de contrôle : la réalité et les risques. *Sécheresse*, Vol. 8, No.3, pp.151-156.

CHASTANET M., 1993 : Entre bonnes et mauvaises années au sahel. Climat et météorologie populaire en pays soninké (Mauritanie, Sénégal) aux XIXe et XXe siècles, pp. 189-209

CHEVALIER J., 1974 : Espace de vie ou espace vécu ? L'ambiguïté et les fondements du concept d'espace vécu. *L'Espace Géographique*, III (1), 68 p.

CLAVAL P., 1974 : La géographie et la perception de l'espace. *L'espace Géographique*, III (1), pp. 179-187.

COULIBALY Y., BÉLIÈRES J-F., KONÉ Y., 2006. Les exploitations agricoles familiales du grand périmètre irrigué de l'Office du Niger au Mali: évolutions et perspectives. *Cahiers Agricultures*, vol 15 n° 6, pp. 562-569.

DEBARBIEUX B., 1991 : Homo Turisticus : du tourisme ordinaire en montagne. *Revue de Géographie Alpine*, LXXIX (4), 138 p.

DI MÉO G., 1991 : La genèse du territoire local : complexité dialectique et espace-temps. In *Annales de Géographie*. 100 (559), pp. 273-294.

DJOUARA H., BÉLIÈRES J-F., KÉBÉ D., 2006 : Les exploitations agricoles familiales de la zone cotonnière du Mali face à la baisse des prix du coton-graine. *Cahiers Agricultures*, Vol 15 (n° 1): pp. 64 -71.

DOISE W., 1990 : Les représentations sociales. In GHIGLIONE R., BONNET C., RICHARD J.F., *Traité de psychologie cognitive*, tome 3, Dunod, pp. 110-174.

DORAN P., ZIMMERMAN M., 2009: Examining the Scientific Consensus on Climate Change, 90 (3), 2 p. http://tigger.uic.edu/~pdoran/012009_Doran_final.pdf, consulté le 28 février 2011.

DOTI T., 2010: Climate variability, pastoralists vulnerability and options. The case of the Borana of Northern Kenya. In Donald Anthony MWITURUBANI & Jo-Ansie VAN WYK (éd.), *Climate Change and Natural Resources Conflicts in Africa*. Pretoria : ISS Monograph 170, pp. 189-204.

DUFUMIER M., 2002 : Les modes de mise en valeur et leurs évolutions. In CIRAD-GRE-MAE : *Mémento de l'agronome*. Montpellier, pp. 411-432.

DUGUÉ P., GIGOU J., 2002 : La gestion de la fertilité. In CIRAD-GRE-MAE : *Mémento de l'agronome*. Montpellier, pp. 601-641.

DURKHEIM E., 1998 : Les formes élémentaires de la vie religieuses. Paris : Quadrige/Presses Universitaires de France, 4e édition, pp. 47-60.

ETKIN N.L., ROSS P.J., 1983: Malaria, medicine, and meals: plant use among the Hausa and its impact on disease. In L. Romanucci-Ross, D.E. Moerman, and L.R. Tancredi, eds., *The anthropology of medicine : from culture to method*. J.F. Bergin, South Hadley, pp. 231-259.

ETKIN N.L., 1986: Multidisciplinary perspectives in the interpretation of plants used in indigenous medicine and diet. In ETKIN N.L. (ed), *Plants in indigenous medicine and diet*. Biobehavioral approaches, Bedford Hills, New York, pp. 2-29.

FOLKE C., 2006 : Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. In *Global Environmental Change* 16, pp. 253-267.

www.elsevier.com/locate/gloenvcha

FOVET-RABOT C., WYBRECHT B., 2012 : Les associations et les successions de culture. In CIRAD-GRE-MAE : *Mémento de l'agronome*. Montpellier, pp. 537-552.

GANGNERON F., BECERRA S., DIA A. H., 2010 : « L'étonnante diversité des ressources en eau à Hombori : entre contrastes environnementaux, pratiques locales et technologies extérieures », *Revue du Tiers Monde*, n°202, pp. 109-128.

GILLET H., 1968 : Note écologique et botanique sur *Calotropis procera*. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée* 15(12), pp. 543-545.

GLACKEN C.J., 2007 : Culture et environnement au XVIIIe siècle, Histoire de la pensée géographique vol. IV. In PINCHEMEL P. Édition originale: *Traces on the Rhodian Shore: Nature and Culture in Western Thought from Ancient Times to the End of the Eighteenth Century*. Paris, CTHS, Berkeley, University of California Press.

GUILLOTEAU J., 1957 : Le problème des feux de brousse et des brulis dans la mise en valeur et la conservation des sols en Afrique au sud du Sahara. *Sols africains*, 1957, vol. 4 (2), pp. 66-102.

HARDIN G., 1968: The tragedy of the commons, *Science* 162, pp. 1243-1248.

HART J.A., 1978: From subsistence to market: a case study of the Mbuti net hunters. *Human Ecology* 6(3), pp. 325-353.

HASSAN R., 2010: The Double Challenge of Adapting to Climate Change while Accelerating Development in Sub-Saharan Africa. *Environment and Development Economics*, 2010, Vol. 15, (06), pp. 661-685.

HERIN R., 2002 : De la nécessité pour les géographes de débattre de la complexité. In *Géographie sociale et complexité* Caen : Créso - Université de Caen, 15 p.

HERTRICH V., 1996 : Permanences et changements de l'Afrique rurale : dynamiques familiales chez les Bwa du Mali. Paris : Les Études du CEPED n°14, 548 p.

HOFFMAN O., 1985 : Pratiques pastorales et dynamiques du couvert végétal en pays lobi (Nord-Est de la Côte d'Ivoire). Travaux et Documents de l'ORSTOM, 1985, n°189, 355 p

HUBERT P., CARBONNEL J. P., CHAUCHE A., 1989 : Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, vol. 110, pp. 349-367.

IRVINE F. R., 1956: The edible cultivated and semi-cultivated leaves of West Africa. *Qualitas Plantarum et Materiae vegetabiles* 2, pp. 35-42.

JODELET D., 1984 : Représentations sociales : phénomènes, concepts et théories. In S. Moscovici (éd) *Psychologie sociale*, PUF, 1984, pp. 357-378.

JOUVE Ph., 1988 : Quelques réflexions sur la spécificité et l'identification des systèmes agraires. In Lefort (Dir.) Dynamiques des systèmes agraires. Cahiers de la Recherche-Développement du CIRAD, n° 20, pp. 5-16.

JOUVE Ph., 2004 : Transition agricole et résilience des sociétés rurales. La croissance démographique, frein ou opportunité pour une intensification durable en Afrique subsaharienne. Courrier de l'environnement de l'INRA, 52, pp. 101-106.

KATER J.M., KANTE S., BUDELMAN A., 1992: Karité (*Vitellaria paradoxa*) and Néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in Mali. *Agroforestry Systems* 18, pp. 89-105.

KATZ E., LAMEEL A., GOLOUBINOFF M., 2002 : Eléments pour une anthropologie du climat in "*Entre ciel et terre, climat et société*". IRD, IBIS PRESS, pp. 15-24.

KEÏTA S., KONATÉ F., 2003 : Le Mali et sa population. In HERTRICH, V., KEÏTA S. *Questions de population au Mali*, le Figuier, 2003, pp. 11-48.

KELLY P.M., ADGER W.N., 2000: Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation, *Climatic Change*, 47, pp. 325-352.

KONATÉ F., 2008 : Démographie – Environnement Croissance démographique et systèmes de production au plateau dogon au Mali. Ouagadougou : *Cahiers du CERLESHS*. P.U.O, Tome XXIII, (30), pp. 231-246.

KONATÉ S., BAYOKO A., TRAORÉ F., TRAORÉ A.Z., BALLO A., COULIBALY A., KASSAMBARA B., 2004 : Vulnérabilité et adaptation des ressources en eau aux effets des changements climatiques dans les bassins du Sankarani et du Baoulé. Bamako : MSAS, pp. 242-252.

KOPPERT G.J.A., RIKONG ADIE H., GWANGWA'A S., SAJO NANA E., MATZE M., PASQUET P., FROMENT A., DE GARINE I., 1996 : La consommation alimentaire dans différentes zones écologiques et économiques du Cameroun. In FROMENT A., DE GARINE

I., BINAM BIKOÏ C. (eds), *Anthropologie alimentaire et développement en Afrique intertropicale : du biologique au social*, Paris : ORSTOM-l'Harmattan, pp. 237-254.

LAMB P.J., 1982 : Persistence of Subsaharan drought. *Nature*, 299 (8), pp. 46-48.

LAVIGNE-DELVILLE Ph., 2002 : Le foncier et la gestion des ressources naturelles. In CIRAD-GRE-MAE : *Mémento de l'agronome*. Montpellier, pp. 201-221.

LE BERRE M., 1992 : Territoire. In BAILLY A., FERRAS R., PUMAIN, D. : *Encyclopédie de la Géographie*, Paris, Economica, chap. 32, pp. 617-638.

LE BORGNE J., 1990 : La dégradation actuelle du climat en Afrique entre Sahara et Equateur. In Richard J-F. *la dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest*. Dakar : Coopération Française, UICN, ORSTOM, ENDA, pp. 17-36.

LE HOUEROU H. N., 1978 : Le rôle des ligneux fourragers dans la gestion des parcours. In Rapport de synthèse, 8^{ème} Congrès Mondial, point n°10 de l'ordre du jour, Jakarta. Indonésie, octobre 1978, pp. 323-333.

LE HOUEROU H.N., HOSTE CH., 1977 : Relationship between Rangeland production and Average annual rainfall Part 1 : the mediterranean Basin. Centre Intern. pour l'Elevage en Afrique, Addis Abeba, Journ. Rge Mgnt, 30 (3), pp. 181-189.

LEONARD E., OSWALD M., 1996 : Une agriculture sans forêt. Changements agro-écologiques et innovations paysannes en Côte d'Ivoire. *Natures-Sciences-Sociétés*. Paris, Vol. 4, (3), pp. 202-216.

L'HÔTE Y., MAHE G., SOME B., TRIBOULET J.P., 2002 : Analysis of a sahelian index from 1896 to 2000, the drought continues. *Hydrol. Sci. J.* 47 (4), pp. 563-572.

LIENGOLA B. I., 2001 : Contribution a l'étude des plantes alimentaires spontanées chez les Turumbu et Lokele du District de la Tshopo, Province Orient ale, R. D. Congo. *Systematics*

and Geography of Plants, Plant Systematics and Phytogeography for the Understanding of African Biodiversity, 71, (2), pp. 687-698.

LUBES-NIEL H., MASSON J.-M., PATUREL J.E., SERVAT E., 1998 : Variabilité climatique et statistique. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. *Rev. Sci. Eau*, 11 (3), pp. 383-408.

MAHÉ G., OLIVRY J.C., 1991 : Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale du mensuel à l'interannuel. In: *Hydrology for the Water Management of Large River Basins* (Proc Vienne Symposium August 1991). IAHS Publ n°201, pp. 163-172.

MAINGUET M., 2003 : Les sécheresses et le génie créateur de l'homme dans les milieux secs : une nouvelle géographie de l'adaptation ? In DOREL G. (Ed.), *L'Eau, source de vie, source de conflits, trait d'union entre les hommes : actes du Festival international de géographie* 2003. http://fig-st-die.education.fr/actes/actes_2003/mainguet/article.htm (consulté le 17 juillet 2012).

MIGNOT J.M., 1996 : Exemples de techniques d'acquisition de produits alimentaires mises en œuvre par les enfants massa Bugudum. In FROMENT A., DE GARINE I., BINAM BIKOÏ C. (eds), *Anthropologie alimentaire et développement en Afrique intertropicale : du biologique au social*. Paris : ORSTOM-l'Harmattan, pp. 425-432.

MILLEVILLE P., SERPANTIÉ G., 1994 : Dynamiques agraires et problématique de l'intensification de l'agriculture en Afrique soudano-sahélienne. *C.R. Acad. Agrlc. Fr.* (Séance du 19 octobre 1994), 80, (8), pp. 149-161.

MOSCOVICI S., 1986 : L'ère des Représentations sociales. In DOISE W., PALMONARI A. (Dir). *L'étude des représentations sociales*, Delachaux Niestlé, pp. 34-80.

NICHOLSON, S.E., 1983: Sub-Sahara rainfall in the year 1976-1980: Evidence of continued drought. *Monthly Weather Review*, vol. 3, pp. 1646-1654.

NILSSON C., 2008 : Le changement climatique du point de vue des peuples autochtones : les défis à relever. In GITPA, Changements Climatiques et peuples autochtones : L'Harmattan, 2009, pp. 15-30.

NOUVELLET Y., SYLLA M. L., KASSAMBARA A., 2003 : La production de bois d'énergie dans les jachères au Mali. *Bois et Forêts des Tropiques*, 276 (2), pp. 5-15.

NUTTALL M., 2009 : Changements climatiques et peuples autochtones. IWGIA N° 1 Indigenous Affairs, Paris, L'Harmattan, 2009, pp. 7-12.

OLOUKOI J., MAMA V. J., 2004 : Occupation du sol et transhumance : Cas de la région de Savè au Bénin / Land cover and transhumance : Savè Region case study; In AYENI O.O., NWILO P.C., OMOJOLA A., OLALEYE J.B. (Eds) (2004): Geoinformation for sustainable development in Africa, African Association of Remote Sensing and Environment , AARSE Book, ISBN 978-31004-2-5, University of Lagos, Lagos, Nigeria, pp 447-456.

PATUREL J.E., SERVAT E., KOUAME B., BOYER J.F., LUBES H., MASSON J.M., 1995 : Manifestations de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne - Cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin. *Sécheresse* - vol. 6, (01), pp. 95-102.

PATUREL J.E., SERVAT E., KOUAME B., LUBES H., FRITSCH J.M., Masson J.M., 1997 : Manifestation d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et Centrale. In IAHS Publication n°240, *Sustainability of water resources under increasing uncertainty*. 23 Avril-3 Mai 1997, pp. 21-30.

PELISSIER P., 1979 : Le paysan et le technicien : quelques aspects d'un difficile face à face. In *Maîtrise de l'espace agraire et développement en Afrique tropicale. Logique paysanne et rationalité technique*, Paris, ORSTOM, pp. 1-8.

PETTITT A. N., 1979 : A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics* 28, n° 2, pp. 126-135.

PHILIFERT P., 2007 : Écologie urbaine et école de Chicago (1920), in VEYRET Y. (Ed.), *Dictionnaire de l'environnement*, Paris, Armand Colin, pp. 118-119.

PICOUËT M., 2001 : Population, environnement et développement. In LÉRY A., VIMARD P. (coord.), *Population et développement : les principaux enjeux cinq ans après la Conférence du Caire*, Les Documents et Manuels du CEPED, n° 12, Centre français sur la population et le développement/Laboratoire Population-Environnement, Paris, pp. 13-23.

POLLET E., Winter, G., 1968 : L'Organisation sociale dut travail agricole des Soninké (Dyahunu, Mali). *Cahiers d'études africaines*, 32, pp. 509 534.

Présidence de la République du Mali, 2006 : Loi N° 06 – 067 / du 29 décembre 2006 portant code général des impôts au Mali, pp. 73-80.

PUMAIN D., 2007 : Les villes et le paradigme de la complexité. In DA CUNHA A., MATTHEY L. (Eds), *La ville et l'urbain : des savoirs émergents*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, pp. 35-60.

REBOUL C., 1976 : Mode de production et système de culture et d'élevage. *Économie Rurale*, 112. Mars-avril 1976, pp. 55-65.

REGHEZZA M., 2007 : Adaptation (Capacité d'adaptation). In VEYRET Y. (Ed.), *Dictionnaire de l'environnement*, Paris, Armand Colin, pp. 3-4.

RIPPSTEIN G., BOUDET G., 1985 : Étude sur la végétation de l'Adamaoua : évolution, conservation et amélioration d'un écosystème pâturé au Cameroun. In IEMVT *Etudes et synthèses de l'IEMVT*, n° 14, 367 p.

ROCA P-J., 1982 : Différentes approches des systèmes agraires. In Les "Journées de la Recherche-Développement en milieu rural" des 8, 9 et 10 novembre 1982 à Montpellier, pp. 75-94.

ROOSE E., 1994 : Introduction à la GCES. Rome : Bulletin FAO des Sols, n°70, 420 p.

ROOSE E., 1993 : Innovations dans la conservation et la restauration des sols. *Cahier ORSTOM Pédol.*, 28 (2), pp. 147-156.

SABIITI E.N., COBBINA J., 1992: *Parkia biglobosa*. A potential multipurpose fodder tree legume in West Africa. *International Tree Crop Journal* 7(3), pp. 113-140.

SALOUA B., SAID, O., MOHAMMED I., 1992 : Modèle de quantification des déficits hydriques subis par des blés de différentes durées de cycle en climat méditerranéen subhumide (SAISS, Maroc). In *Cahiers Agricultures*, France, pp. 341-347.

SANDRON F., SGHAIER M., 2000) : L'approche " indicateurs " pour suivre les relations population-environnement : des concepts à l'expérience. *Sécheresse* 2000, 11 (3), pp. 171-197.

SARR B., OMAR D., MACOUMBA D., 2001) : Utilisation de paramètres agronomiques comme critères de résistance à la sécheresse chez trois variétés de niébé cultivées au Sénégal et au Niger, *Sécheresse*, Vol. 12, (4), 8 pages.

SERVAT E., PATUREL J.E., LUBES-NIEL H., KOUAMÉ B., MASSON J.M., TRAVAGLIO M., MARIEU B., 1999 : De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale. *Revue des sciences de l'eau*. 12 (2), pp. 363-387.

SIMONET G., 2009 : Le concept d'adaptation : polysémie interdisciplinaire et implication pour les changements climatiques », *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 4 (17), pp. 392-401.

TOULMIN C., GUEYE B., 2003 : Transformations de l'agriculture ouest-africaine et rôle des exploitations familiales. Londres, IIED, Programme zones arides, Dossier n° 123, 97 p.

TOURTE R., BILLAZ R., 1982 : Approche des systèmes agraires et fonction recherche-développement. In *Agron. Trop : Contribution à la mise au point d'une démarche*. 37, pp. 223-232.

TREIDEL H., MARTIN - BORDES J. L., GURDAK J. J., (eds.), 2011: Major science findings, policy recommendations, and future works. In TREIDEL H., MARTIN - BORDES J. L., GURDAK J. J., (eds) *Climate change effects on groundwater resources, a global synthesis of findings and recommendations*.

WALKER A., 1938 : Ecorces d'arbres employées au Gabon pour faire des cloisons de case. *Revue de botanique appliquée* 18, pp. 355-360.

WALKER A., 1938 : Origine botanico-forestière des outils en bois, instruments de ménage, de musique, etc. fabriqués par les indigènes. *Revue de botanique appliquée* 18, pp. 631-635.

WILSON R.T., 1988 : The productivity of Sahel Goats and Sheep under transhumant management in northern Burkina Faso. *Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr*, 36, pp. 348-355.

ZEINEDDINE N., 2008 : Brume sèche, brume de poussière, chasse-sable et tempête de sable. *Norois* [En ligne], 191 | 2004/2, mis en ligne le 09 septembre 2008, consulté le 09 octobre 2011. URL : <http://norois.revues.org/1188>

Etudes, Rapports, séminaires, et autres documents

Africa Adaptation Programme-AAP (AAP-Niger), 2011: Impacts des Changements Climatiques dans le Secteur des Ressources en Eau. Rapport final, Niamey, 60 p.

Agronomes Vétérinaires Sans Frontières-AVSF., 2010 : Elevage paysan et changement climatique. Dépasser les idées reçues et reconnaître la place spécifique de l'élevage paysan. Lyon : Ruralter, 12 p.

AMIGUES J.P., DEBAEKE P., ITIER B., LEMAIRE G., SEGUIN B., TARDIEU F., THOMAS A. (éditeurs), 2006. *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72 p.

ANDEREGG W., PRALL J., HAROLD J., SCHNEIDER S., 2010 : Expert credibility in climate change. <http://www.pnas.org/content/early/2010/06/22/1003187107.full.pdf>. Consulté le 10 octobre 2012. 3p.

Artic Climate Impact Assesment-ACIA., 2005: *Impact Assesment Scientific report*, Cambridge University Press, Cambridge. URL: <http://www.acia.uaf.edu/pages/scientific.html>

BAMBA F., MAHE G., BRICQUET J.P. et OLIVRY J.C., 1996 : *Changements climatiques et variabilité des ressources en eau des bassins du haut Niger et de la cuvette lacustre*. XII^{ème} Journées Hydrologiques de l'ORSTOM. Bamako : 10-11 oct.1996, Bamako, ORSTOM, 27 p.

BONNET B, 2001 : Problématique foncières et gestion des ressources communes : regards sur quelques situations et expériences en Afrique de l'Ouest. Porto Alegre – 28 janvier 2001. http://www.iram-fr.org/documents/problematiques_foncieres_BB.pdf

BRAVARD J.P., LEFORT I., PELLETIER Ph., 2004 : *Epistémologie de l'interface nature/société en géographie*. Lyon : *Workshop*, Université Lyon 2, mercredi 23 juin 2004.

BROECKER P., 1991: In *Climate Change 1995, Impacts, adaptations and migration of climate change : scientific-technical analyses*, contribution of working group 2 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge Press University.

BRIFFAUD S., DAVASSE B., GUTTINGER P., LUGINBUHL Y., 2004 : Valeurs, pratiques et représentations sociales dans le domaine de l'environnement. INSU-Prospectives Sociétés et Environnement, Séminaire 5-6 février 2004.

Comité Inter Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel –CILSS., 2000 : Plan d'accompagnement de la généralisation de l'éducation environnementale au Mali. Bamako : rapport, 48 p.

Conseil économique et social, Académie des sciences, Académie des technologies, Académie des sciences morales et politiques, 2006 : Partager la connaissance et ouvrir le dialogue : le changement climatique. 30 p. www.changement-climatique.fr

CPS, 2008 : Recensement général de l'Agriculture (RGA) - Campagne Agricole 2004-2005. Résultats définitifs - Volume 1 Rapport de synthèse. Cellule de planification et de statistique du Ministère de l'agriculture. Bamako 2008. 12 p.

DESCOLA Ph., 2001 : *Leçon inaugurale faite le 29 mars 2001*. Paris : Collège de France.

DEVEZE J.C., HALLEY DES FONTAINES D., 2005 : Le devenir des agricultures familiales des zones cotonnières africaines: une mutation à conduire avec tous les acteurs. A partir des cas du Bénin, du Burkina Faso, du Cameroun et du Mali. AFD. Paris Octobre 2005. 85 p.

DIARRA B., DIAKITÉ C.H., MACINA M., 2007 : Elaboration de stratégie d'adaptation des ressources en eau aux changements climatiques, STP/NCAP, Mali, 61 p.

Direction Nationale de l'Hydraulique – DNH., 2004 : Politique Nationale de l'Eau. Bamako, Mali.

Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Eau-DNHE., 1990 : Synthèse hydrogéologique du Mali. Bamako, Mali.

Direction Nationale de la Conservation de la Nature, 2000 : Rapport annuel 2000 et 2001.

Direction Nationale des Eaux et Forêts-DNEF., 1991 : Projet inventaire des ressources ligneuses au Mali, Phase B. synthèse technique. Bamako : Ministère chargé des ressources naturelles et de l'élevage, Direction Nationale des Eaux et Forêts. BDPA-SCET-AGRI/CTFT (Département du CIRAD).

Direction Nationale des Eaux Forêts-DNEF., 2012 : Initiatives clés du MEA en lien avec les forêts et le changement climatique : leçons apprises et perspectives pour l'adaptation basée sur les écosystèmes. Bamako, Mali.

DNPIA. Rapports annuels 2006-2012, Bamako, Mali.

DUFUMIER M., 2005 : Etude des systèmes agraires et typologie des systèmes de production agricole dans la région cotonnière du Mali. Bamako : Programme d'Amélioration des systèmes d'exploitation en zone cotonnière du Mali, Projet Caractérisation, 83 p.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat- GIEC., 1995 : Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC Changements climatiques 1995. Rapport du groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat, 74 p.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat- GIEC., 1996 : *Climate Change : The Science of Climate Change. Contribution du Groupe de travail I au deuxième rapport d'évaluation du GIEC*. [HOUGHTON J.T., MEIRA FILHO L.G., CALLANDER B.A., HARRIS N., KATTENBERG A., Maskell K. (directeurs de publication)]. Cambridge (Royaume-Uni) et New York (NY, Etats-Unis d'Amérique) : Cambridge University Press, 572 pages.

Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat-GIEC., 1998 : Incidences de l'évolution du climat dans les régions. Évaluation de la vulnérabilité. Afrique. Genève : GIEC, Chap. 2.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat- GIEC., 2001 : Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité. Rapport du Groupe de travail II du GIEC. Genève, Suisse, 13-16 février 2001, 101 p.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat- GIEC., 2007 : Adaptation aux changements climatiques. Rapport d'orientation août 2007, 26 p.

CUBIZOLLE H., 2003 : Environnement et géosystèmes naturels. Université Jean Monnet, URL : <http://www.univ-st-etienne.fr/crenam/donnee/cours/cubi/cubitabmat1.html> (consulté le 22 décembre 2003)

JOSLING T., 2009 : “New trade issues in food, agriculture and natural resources”, Geneve: projet de communication présenté a la conférence TAIT de l’OMC, le 10 septembre 2009.

KINGUMBI A., BERGAOUI Z., BOURGES J., HUBERT P., KALLEL R., 2000 : Etude de l’évolution des séries pluviométriques de la Tunisie Centrale, 8 p.

KNIAJINSKAIA L., 1979 : Perspective et solution du problème alimentaire mondial. Moscou.

LINDZEN R., 2008 : Science du Climat : Est-elle, de nos jours, apte à répondre aux questions ? *Créativité et inspiration créatrice en mathématiques, sciences et ingénierie : développer une vision pour le futur*. San Marin : colloque tenu du 29 au 31 août 2008, 37 p.

MAHRH, 2008 : Capitalisation des initiatives sur les bonnes pratiques agricoles au Burkina Faso. Ouagadougou. Burkina Faso. Rapport final. 99 p.

MARTY A., 2000 : Quel type d’organisation pour la gestion des pâturages ? Réflexion autour de quelques approches. In Les approches de la gestion des pâturages et les projets de développement : quelles perspectives ? IRAM, Atelier Régional portant sur la Zone Sahélienne Ouest Africaine Niamey Niger, 2 au 6 octobre 2000, 17 pages.

MAZOYER M., 1987 : Rapport de synthèse du colloque dynamique des systèmes agraires. Paris : 16-18 nov. 1987.

MEATEU, 2000 : Stratégie nationale initiale de mise en œuvre de la CCNUCC, République Mali. 72 P.

Ministère de L’Education Nationale, 2009 : L’éducation au Mali : Diagnostic pour la préparation du programme d’investissement du secteur de l’éducation, 169 p.

Ministère de l’Environnement et de l’Assainissement, 2008 : Rapport National sur l’État de l’environnement 2007. Bamako, 83 p.

Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement-Mali, 2007 : Sommaire Des Études NCAP (Programme d'Assistance sur les Changements Climatiques). Bamako : MEA, Rapport final, 89 p.

Ministère du Développement Rural et de l'Energie, 1998 : Schéma directeur d'approvisionnement en bois énergie de Bamako. Stratégie d'Energie Domestique, Volet Offre, Cellule des Combustibles ligneux.

NASI R., SABATIER M., 1998 : Projet inventaire des ressources ligneuses au Mali. Rapport de synthèse, première phase. Les formations végétales. Bamako : Ministère chargé des ressources naturelles et de l'élevage, Direction Nationale des Eaux et Forêts. BDPA-SCET-AGRI/CTFT (Département du CIRAD).

O'NEIL D., 2008 : Human Adaptations to Environmental Conditions. [En ligne]. http://anthro.palomar.edu/adapt/adapt_1.htm.

Organisation Mondiale du Commerce (2010). Rapport sur le commerce mondial 2010 : Le commerce des ressources naturelles. Secrétariat de l'OMC, 256 p. Site Web: www.wto.org

PENNING DE VRIES F.W.T, DJITEYE M.A (Ed.), 1991 : La production des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Agric. Research. Report. 918, pudoc, Wageningen.

PIRT, 1983, les ressources terrestres au Mali. V II, Rapport technique.

Projet RAF/93/G31 et MLI/97/G32 : Inventaires des émissions de gaz à effet de serre au Mali.

ROOSE E., 2007 : Restauration de la productivité des sols tropicaux. *Hanoi : Actes des JSIRAUF, 6-9 novembre 2007.*

SAMAKE A., BELIERES J-F., KONE B., TRAORE A., NIENTAO A., 2013 : Systèmes d'activités et performances des exploitations agricoles familiales dans les cercles de Yanfolila et Bankass. IER-CIRAD, 153 p.

SAMAKÉ A., BÉLIÈRES J.-F., CORNIAUX C., DEMBÉLÉ N., KELLY V., MARZIN J., SANOGO O., STAATZ J., 2008 : Dimensions structurelles de la libéralisation pour l'agriculture et le développement rural. Phase II MALI Tome 1 : Rapport principal. IER/CIRAD/MSU Banque Mondiale/Coopération française/FIDA. Bamako Décembre 2008. 490 p.

SANGARÉ M., 2005 : Monographie sur l'aviculture traditionnelle en Afrique de l'Ouest. CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Secteur Agricole de Banamba, 2013 : Rapport 2011-2012

SERVAT E., 1994 : "ICCARE. Identification et Conséquences d'une variabilité du Climat en Afrique de l'ouest non sahélienne. Présentation du programme". Abidjan : Programme ICCARE. ORSTOM, Rapport n°1.

SIRCOULON J., 1992 : Impact sur les ressources en eau de quinze années de sécheresse au sahel, ORSTOM, 9 p

STERN N., 2010 : Changements climatiques, promouvoir la croissance, le développement et l'équité. *Leçon inaugurale faite le 18 mars 2010, Paris : Collège de France.*

TALLEC M., 1986 : Étude des systèmes agraires de la région de Notse au Togo. Projet fédérateur de Notse. -collection Documents Systèmes Agraires DSA-CRAD

THOMAS I., SAMASSEKOU S., 2003 : Rôles des plantations forestières et des arbres hors forêts dans l'aménagement durable en République du Mali. FAO, Département des forêts, rapport d'étude, 82 p.

TRAORE A., 2013 : Secteur Avicole Mali. Revues nationales de l'élevage de la division de la production et de la santé animales de la FAO. Rome: FAO, Production et santé animales, No. 4. 55p.

VERNOUX J.F., SEGUIN J. J., 2011 : Etablissement d'un réseau de référence piézométrique pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines -année 1. BRGM, rapport BRGM/RP-59286-FR.

VISSAC B., HENTGEN A., 1980 : Eléments pour une problématique de recherche sur les systèmes agraires et le développement. Paris : INRA (S.A.D.).

VIZIER J-F., 1994 : Contribution de l'étude des sols a l'établissement d'une agriculture durable en Afrique sub-saharienne. Cotonou : Séminaire régional Systèmes agraires et agriculture durable en Afrique sub-saharienne, 7 - 11 février 1994, Cotonou - République du Benin.

WHEELER D., 2011: Quantifying Vulnerability to Climate Change: Implications for Adaptation Assistance ». Working Paper Center for Global Development

Documents audio-visuels

EMMERICH R., 2012, DVD, 2012. Columbia Pictures et Centropolis Production

Planète Société, 2007 : Questions sur le Réchauffement. Le réchauffement de la planète, une escroquerie ? Documentaire N° 50, 2007 Alex FRY.

Internet

<http://www.fao.org/docrep/v5240f/v5240f00.htm#Contents>
http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml#UxGZgc5uXTo
<http://13millennium.com>
http://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/climat-variations.php
<http://www.glaciers-climat.com>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Changement_climatique
http://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:Sciences_de_la_Terre_et_de_l%27Univers
http://www.wikiberal.org/wiki/R%C3%A9chauffement_climatique

Table des matières

Dédicace.....	1
Sommaire.....	2
Acronymes.....	3
Résumé.....	7
Remerciements.....	8
Introduction générale	10
Problématique.....	21
Justification du choix du thème	26
Chapitre 1 : Le Cadre conceptuel de l'étude.....	27
1.1 La revue documentaire.....	27
1.1.1 : Les Changements climatiques : un phénomène complexe et une « réalité » controversée....	27
1.1.1.1 La variabilité du climat, un phénomène naturel et normal	28
1.1.1.2 Le réchauffement planétaire, un processus naturel aggravé par l'homme	33
1.1.2 : Les changements climatiques, un phénomène bien perçu par les paysans.....	41
1.1.3 : La vulnérabilité aux changements climatiques, un phénomène complexe	42
1.1.4 : L'adaptation, un concept ancien et polysémique	45
1.1.4.1 L'adaptation en géographie.....	47
1.1.4.2 De l'adaptation au climat à l'adaptation aux changements climatiques.....	48
1.1.5 : Le système agricole.....	49
1.1.5.1 Les composantes d'un système agricole.....	50
1.1.5.2 Le fonctionnement du système agricole.....	51
1.1.6 : Le système de production	52
1.1.7 : La classification récente de la recherche sur les systèmes de production agricole (Farming Systems Research – FSR)	54
1.1.7.1 La classification de SIMMONDS	54
1.1.7.2 La classification de Merrill-Sands.....	55
1.1.7.3 La classification des Centres Internationaux de Recherche Agricole (CIRA).....	56
1.1.8 : La concession, l'exploitation agricole et l'unité de production agricole	58
1.1.9 : Le concept de ressources naturelles, une notion ambiguë ?	61
1.1.9.1 Le caractère épuisable	62
1.1.9.2 Les externalités négatives.....	64
1.1.9.3 La prépondérance des ressources naturelles dans l'économie locale et nationale	65

1.1.9.4	L'accessibilité des ressources naturelles	65
1.1.10 :	Les perceptions, les représentations, les savoirs et les pratiques locales.....	66
1.2	La méthodologique et les limites de l'étude	68
1.2.1 :	La méthodologie de l'étude.....	68
1.2.1.1	Les sources des données et leur nature	69
1.2.1.2	Les techniques d'approche du terrain	74
1.2.1.3	Les instruments de collecte, de traitement et d'analyse des données	78
1.2.1.4	Le traitement et l'analyse des données.....	80
1.2.2 :	Les limites de l'étude et les difficultés rencontrées	83
Chapitre 2 :	<i>Le cadre physique, humain et les activités économiques du cercle de</i>	
Banamba.....	85
2.1	La présentation générale du cercle de Banamba.....	85
2.1.1 :	Le cadre physique.....	87
2.1.1.1	Un contexte morpho structural ancien et varié	87
2.1.1.2	Un climat à deux saisons caractérisé par une forte variabilité	88
2.1.1.3	Des sols avec des caractéristiques variées	92
2.1.1.4	Des unités végétales variées et difficiles à classier.....	98
2.1.1.5	Un réseau hydrographique intermittent et temporaire	104
2.1.2 :	Le cadre humain	104
2.1.2.1	Une population rurale, en forte évolution depuis 1976	104
2.1.2.2	Une population inégalement répartie	107
2.1.2.3	Une vie socioéconomique marquée par la diversité des activités	108
2.2	Les principales caractéristiques des unités de production agricole du cercle de	
Banamba.....	111
2.2.1 :	Une population organisée au sein d'unités d'exploitation agricole.....	112
2.2.1.1	Le sexe, l'âge de la population résidente et la taille des unités de production agricole ...	113
2.2.1.2	Une organisation sociale de l'unité de production agricole à base patriarcale, centrée autour de son chef.....	116
2.2.1.3	Des unités de production agricole caractérisée par une forte tradition migratoire.....	124
2.2.2 :	Les facteurs de production agricole	127
2.2.2.1	Un système foncier coutumier dynamique	127
2.2.2.2	La force de travail utilisée par les unités de production agricole	130
2.2.2.3	Des moyens de production surtout rudimentaires	132
2.2.2.4	Une organisation économique rythmée par le climat	135
2.3	Les sources de revenu et les dépenses des unités de production agricole.....	137

2.3.1 :	Des sources de revenu de plus en plus diversifiées	137
2.3.1.1	La production agricole	137
2.3.1.2	Les prestations de service agricole	138
2.3.1.3	La cueillette et la production de bois de chauffe et de charbon de bois	139
2.3.1.4	La vente de cheptel.....	140
2.3.1.5	Les transferts d'argent.....	141
2.3.1.6	Le revenu non agricole	143
2.3.2 :	Les dépenses des unités de production et leur évolution entre 1970 et 2009	143
2.3.2.1	Les dépenses alimentaires.....	144
2.3.2.2	Les dépenses de santé	145
2.3.2.3	Les dépenses scolaires	145
2.3.2.4	Les dépenses de cérémonies	146
2.3.2.5	La capitalisation	146
2.3.2.6	Les dépenses civiques.....	146
2.3.3 :	Les facteurs d'augmentation des dépenses des unités de production	147

Chapitre 3 : Les perceptions des populations et les données scientifiques sur le climat et son évolution dans le cercle de Banamba156

3.1 Les phénomènes naturels, base de la conception locale du climat par les populations du cercle de Banamba157

3.1.1 :	Une conception islamisée du climat.....	157
3.1.2 :	Des savoirs locaux encore déterminants dans la prévision du temps.....	159
3.1.2.1	Les cumulo-nimbus, un moyen de prévision de la pluie.....	159
3.1.2.2	La position des cumulo-nimbus dans le ciel	161
3.1.2.3	L'arc-en-ciel « décaleur » de pluie	161
3.1.2.4	Des espèces végétales et animales qui annoncent le début ou la fin des pluies	162

3.2 Les perceptions des populations du cercle de Banamba sur les facteurs climatiques : pluie, température et vent.....163

3.2.1 :	Les perceptions des populations du cercle de Banamba sur la pluviométrie et la saison pluvieuse entre 1960 et 2009	163
3.2.1.1	Une pluviométrie en baisse et mal répartie depuis 1970 selon les paysans	163
3.2.1.2	L'évolution de la pluie moyenne depuis 1951 selon les données issues des stations météorologiques.....	165
3.2.1.3	Une saison pluvieuse de plus en plus réduite et des pauses pluviométriques de plus en plus longues selon les paysans.....	169
3.2.1.4	La variation temporelle de la durée de la saison pluvieuse à partir des données météorologiques.....	170

3.2.1.5	La détection de rupture dans la pluviométrie du cercle de Banamba.....	171
3.2.2 :	L'évolution des températures et des saisons entre 1960 et 2009	176
3.2.2.1	Une augmentation des températures constatée par les paysans	176
3.2.2.2	Des périodes chaudes et froides en augmentation selon les paysans	177
3.2.2.3	La hausse des températures, une évidence dans le cercle de Banamba.....	178
3.2.2.4	La détection d'une rupture dans la série	180
3.2.3 :	Des types de temps lithométéoriques de plus en plus fréquents entre 1960 et 2009	182
3.2.4 :	Les perceptions des paysans sur les causes des changements climatiques.....	185

Chapitre 4 : Les impacts des changements climatiques sur les ressources naturelles et les stratégies de restauration développées par les paysans189

4.1 Les impacts des changements climatiques sur les ressources pédologiques et les stratégies de restauration adoptées par les populations.....189

4.1.1 :	L'état actuel des ressources pédologiques et leur évolution depuis 1970	189
4.1.1.1	Un état ou un risque de dégradation des terres cultivées ?.....	189
4.1.1.2	La dégradation des sols, un phénomène naturel accéléré par l'intervention de l'homme.....	192
4.1.1.3	Les activités anthropiques, cause de la dégradation des terres.....	194
4.1.1.4	La baisse des rendements, principale conséquence de la dégradation des ressources pédologiques	196
4.1.2 :	Les stratégies de restauration des terres cultivées	198
4.1.2.1	La mise en jachère	199
4.1.2.2	Les associations culturales.....	199
4.1.2.3	L'utilisation des engrais	200
4.1.2.4	Les codons pierreux et le paillage.....	201
4.1.2.5	Des stratégies de restauration des terres évolutives	202

4.2 Les ressources sylvicoles : utilisation, état, évolution et les stratégies d'adaptation204

4.2.1 :	Les ressources forestières et leurs utilisations.....	205
4.2.1.1	L'arbre, « la poule aux œufs d'or » des populations rurales	205
4.2.1.2	L'arbre, un complément alimentaire pour l'homme	207
4.2.1.3	L'arbre, principale source d'énergie des populations.....	208
4.2.1.4	Les usages pharmaceutiques des plantes : la pharmacopée.....	209
4.2.1.5	L'alimentation du bétail.....	209
4.2.1.6	Les autres usages des plantes.....	210
4.2.2 :	Les perceptions des paysans sur l'état actuel des ressources sylvicoles et leur évolution entre 1970 et 2009.....	211
4.2.3 :	Les perceptions des paysans sur les facteurs de dégradation des ressources sylvicoles.....	212
4.2.3.1	Le déficit pluviométrique.....	213

4.2.3.2	Les feux de brousse	213
4.2.3.3	La coupe abusive et les défrichements incontrôlés.....	215
4.2.4 :	Les stratégies d'adaptation adoptées par les populations pour la restauration des ressources sylvicoles dégradées	221
4.2.4.1	La conservation, une pratique 'naturellement' traditionnelle	221
4.2.4.2	Des stratégies nouvelles qui montrent leurs limites	222
4.2.4.3	L'adaptation des pratiques et techniques agricoles	223
4.3	Les impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques et les stratégies d'adaptation des populations	228
4.3.1 :	La situation des ressources en eau du cercle de Banamba	228
4.3.1.1	Des ressources en eau disponibles, mais difficile à quantifier	228
4.3.1.2	L'utilisation des ressources en eau.....	231
4.3.1.3	Des ressources en eau difficilement accessibles	232
4.3.1.4	Les impacts du changement climatique sur les ressources en eau	232
4.3.2 :	Des stratégies limitées en cas de diminution et / ou disparition des ressources hydriques..	237
4.4	Les impacts des changements climatiques sur les ressources pastorales et les stratégies d'adaptation des populations	238
4.4.1 :	Des ressources pastorales soumises à une forte pression	238
4.4.1.1	Les types d'élevage et leur évolution	239
4.4.1.2	L'élevage, un facteur de changement climatique ?.....	243
4.4.1.3	L'élevage, une activité qui dégrade parce que perturbé.....	248
4.4.2 :	Les stratégies adoptées face à la dégradation des aires de pâturage	251
4.4.2.1	La généralisation de l'agropastoralisme	251
4.4.2.2	La gestion de la mobilité du bétail.....	251
4.4.2.3	La stabulation du bétail, une réponse à la diminution des pâturages.....	252
4.4.2.4	La décapitalisation	253
4.4.2.5	L'usage des résidus de culture.....	254
	Conclusion générale.....	257
	Références bibliographiques	261
	Table des matières.....	289
	Liste des tableaux	294
	Listes des figures.....	296
	Liste des encadrés.....	300
	Annexes.....	301

Liste des tableaux

Tableau 1 : Concentration, durée e vie des GES dans l’atmosphère et pouvoir de réchauffement global.....	37
Tableau 2: Longueurs et caractéristiques des séries climatiques de la station retenue.	70
Tableau 3: Tableau des données de végétation	71
Tableau 4 : Communes, villages et nombre d’unités d’exploitation agricole retenus pour l’enquête quantitative	75
Tableau 5 : Nombre de personnes interviewées	77
Tableau 6: Caractéristiques climatiques de la zone d'étude	90
Tableau 7 : Caractéristiques statistiques des données pluviométriques annuelles (1951-2010)	90
Tableau 8 : Propriétés physiques et chimiques des sols.....	97
Tableau 9 : Répartition de la population résidente des communes par sexe et rapport de masculinité	105
Tableau 10 : Rapport de masculinité de la population résidente des UPA enquêtées	114
Tableau 11 : Statistiques relatives à la taille des unités de production agricole	115
Tableau 12 : Mode d’accès à la fonction de chef d’UPA.....	123
Tableau 13 : Distribution des modes d’accès à la fonction de chef d’UPA selon l’ethnie	124
Tableau 14 : Répartition des UPA enquêtées selon l’existence ou non de migrants	125
Tableau 15 : Répartition des migrants des UPA enquêtées selon leur destination	127
Tableau 16 : Répartition des CUP selon le mode d'acquisition des terres cultivées.....	129
Tableau 17 : Superficies disponibles et superficies moyennes cultivées par exploitation (en ha).....	130
Tableau 18 : Utilisation de salariés agricoles (campagne agricole 2008-2009).....	131
Tableau 19 : Distribution des UPA selon le nombre d’animaux de traction disponibles en leur sein	133
Tableau 20 : Répartition des migrants des UPA enquêtées selon les montants envoyés (2009-2010).....	143
Tableau 21 : Variations des Indices de Prix mensuels 1994 sur 1993 (pourcentage).....	154
Tableau 22 : Répartition des chefs d’UPA enquêtés selon le premier facteur de dégradation	192

Tableau 23 : Répartition des chefs d'UPA enquêtés selon le deuxième facteur de dégradation	192
Tableau 24 : Synthèse de facteurs de dégradation des terres cultivées	193
Tableau 25 : Les productions céréalières	196
Tableau 26: Répartition des chefs d'UPA enquêtés selon les stratégies de restauration adoptées	199
Tableau 27 : Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur l'état actuel de la brousse	211
Tableau 28 : Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur les facteurs de dégradation de la brousse	212
Tableau 29: Taux d'évolution des unités d'occupation du sol au sein de la même classe.....	221
Tableau 30: Stratégies adoptées face à la dégradation des ressources sylvicoles	223
Tableau 31: « Stratégies » d'urgence adoptées par les UPA pendant la période de soudure.	227
Tableau 32 : Précipitations et ressources renouvelables en eau au Mali	231
Tableau 33: Conditions d'accessibilité aux ressources en eau selon les chefs d'UPA enquêtés	232
Tableau 34: Facteurs rendant l'accès aux ressources en eau difficile selon les chefs d'UPA enquêtés	232
Tableau 35: Stratégies adoptées en cas de diminution et / ou disparition des points d'eau..	238
Tableau 36: Répartition des émissions par secteurs au Mali	244
Tableau 37: Répartition des types de Gaz à effet de serre au Mali	245
Tableau 38: Schéma de la dégradation pastorale des steppes sahéliennes.....	246
Tableau 39: Évolution des savanes soumises à une pâture intense et continue	247
Tableau 40: Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur l'état actuel des pâturage	249
Tableau 41: Distribution des chefs d'UPA enquêtés selon les principaux facteurs de perturbation	250

Listes des figures

Figure 1: Parcours de la circulation thermohaline	31
Figure 2: le bilan radiatif	37
Figure 3: Continuum vulnérabilité / sécurité humaine	43
Figure 4 : Schéma de la typologie des ressources naturelles (1).....	63
Figure 5 : Schéma de la typologie des ressources naturelles (2).....	64
Figure 6: Méthode utilisée pour l'étude sur les changements climatiques et la dynamique des systèmes de production agricole dans le cercle de Banamba au Mali	69
Figure 7:La commune de Madina Sacko, localisée au sud de la scène sur la composition colorée de l'image de 1972, 1986 et 2006.	72
Figure 8: Les communes de Benkadi et Duguwolo Wula, localisées au Nord-Est de la scène sur la composition colorée de l'image de 1972, 1986 et 2006.	73
Figure 9: carte administrative du cercle de Banamba	86
Figure 10: diagramme ombrique du cercle de Banamba en 1951, 1983 et 2002.....	89
Figure 11: Indice de précipitation standardisé pour la station de Banamba (1951-2010).....	91
Figure 12: Variation temporelle de la température (1951-2006)	91
Figure 13: Evolution des isohyètes entre 1922-2011).....	92
Figure 14: Carte des unités de sol	96
Figure 15: Pourcentages des unités d'occupation du sol.....	101
Figure 16: Carte d'occupation du sol dans le cercle de Banamba (2006).....	103
Figure 17: Évolution de la population du cercle de Banamba. Données censitaires (RGPH 1976, 1978, 1998, 2009).....	105
Figure 18: Évolution de la population résidente par commune. Données censitaires (RGPH 1976, 1978, 1998, 2009).....	106
Figure 19: Évolution du taux moyen d'accroissement intercensitaire par commune. Données censitaires (RGPH 1976, 1978, 1998, 2009).....	106
Figure 20: Carte des densités	107
Figure 21: Répartition de la population résidente des UPA enquêtées par sexe et par âge ...	113
Figure 22 : Taille démographique des unités d'exploitation agricole.....	115
Figure 23: Répartition des chefs d'UPA selon le sexe et selon l'âge	120

Figure 24: Répartition des chefs d'UPA selon le statut matrimonial et selon le niveau d'instruction	120
Figure 25 : Répartition des chefs d'UPA selon l'appartenance associative et selon qu'ils aient reçu ou non une formation	121
Figure 26: Répartition du nombre de migrants selon le sexe	125
Figure 27: Répartition des migrants des UPA enquêtées selon leurs motifs de départ.....	126
Figure 28: Evolution du nombre de salariés agricole entre 2008 et 2010.....	131
Figure 29 : Calendrier agricole.....	136
Figure 30 : Évolution de la source de revenu liée aux productions agricoles entre 1970 et 2009	138
Figure 31 : Évolution de la source de revenu liée à la production du bois et du charbon de bois entre 1970 et 2009	140
Figure 32 : Évolution de la source de revenu liée à la vente de bétail entre 1970 et 2009	141
Figure 33 : Répartition des migrants des UPA enquêtées selon la nature des transferts effectués	142
Figure 34 : Évolution des principales dépenses entre 1970 et 2009	144
Figure 35 : Répartition des chefs d'UPA selon qu'ils soient autosuffisant ou non	145
Figure 36 : Motifs avancés par les chefs d'UPA pour expliquer l'accroissement des dépenses entre 1970 et 2009	148
Figure 37 : Évolution de la population entre 1990 et 2005.....	152
Figure 38 : Évolution des rendements entre 1990 et 2005	152
Figure 39 : Perception des paysans sur l'évolution des quantités de pluie tombées entre 1960 et 2009	164
Figure 40 : Perception des paysans sur l'évolution de la répartition dans le temps des quantités de pluie tombées entre 1960 et 2009	164
Figure 41 : Évolution de la pluviométrie annuelle, valeurs brutes (1951-2010).....	166
Figure 42 : Anomalies des moyennes pluviométriques annuelles calculées à partir de l'indice pluviométrique de Nicholzen	166
Figure 43 : Variation de la pluviométrie au cours des six dernières décennies (1951-1960 ; 1961-1970 ; 1971-1980 ; 1981-1990 ; 1991-2000 ; 2001-2010)	168
Figure 44 : Perception des paysans sur l'évolution de la durée de la saison pluvieuse entre 1960 et 2009	169

Figure 45 : Perception des paysans sur l'évolution de la durée des pauses pluviométriques entre 1960 et 2009	170
Figure 46 : Variation temporelle du nombre de jours pluvieux entre 1990-2012 (source : données de la station pluviométrique de Banamba).....	171
Figure 47 : Tendances du nombre de jours pluvieux entre 1990-2012 (source : station pluviométrique de Banamba, 2013)	171
Figure 48 : Tests de Pettitt, d'homogénéité normale standard (SNHT) et de Buishand appliqué sur les moyennes de pluviométrie annuelles	174
Figure 49: Début et fin des saisons pluvieuses entre 1951 et 2002.....	175
Figure 50 : Perception des paysans sur l'évolution des températures pendant la saison sèche (a) et pluvieuse (b) entre 1960 et 2009.....	176
Figure 51 : Perception des paysans sur l'évolution des périodes chaude (a) et froides (b) entre 1960 et 2009	177
Figure 52 : Courbe de variabilité de la température annuelle, valeurs brutes (1951-2006)...	178
Figure 53 : Répartition temporelle de l'écart par rapport à la normale (1951 – 2006)	179
Figure 54 : Mise en évidence du changement de tendance à partir de 1978 sur les moyennes de températures à Banamba.....	180
Figure 55 : Tests de Pettitt, d'homogénéité normale standard (SNHT) et de Buishand appliqué sur les moyennes de températures annuelles	180
Figure 56 : Variation temporelle de l'indice de Martonne suivant une moyenne mobile (1951-2006).....	181
Figure 57 : Perception des paysans sur la fréquence des vents forts (a) et des tourbillons de poussière ou de sable (b) entre 1960 et 2009	184
Figure 58 : Répartition des chefs d'UPA selon leurs opinions sur les facteurs des changements climatiques constatés.....	185
Figure 59 : Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur l'état actuel des terres cultivées	191
Figure 60 : Opinion des chefs d'UPA sur l'évolution de la dégradation des terres cultivées entre 1970 et 2009	191
Figure 61 : Évolution des rendements mil et sorgho (Données CPS, Mali. www.countrystat.org).....	197
Figure 62 : Évolution des stratégies de restauration des terres entre 1970 et 2009	202
Figure 63 : Perception des chefs d'UPA sur l'évolution de la dégradation de la brousse entre 1970 et 2009.....	211

Figure 64 : Opinion des chefs d'UPA sur l'évolution des espèces sylvicoles utilisées entre 1970 et 2009	212
Figure 65 : Carte des dynamiques d'occupation du sol dans la commune rurale de Ben-kadi	216
Figure 66 : Carte des dynamiques d'occupation du sol dans la commune rurale de Duguwolo Wula	217
Figure 67 : Carte des dynamiques d'occupation du sol dans la commune rurale de Madina Sacko	218
Figure 68 : Dynamique de l'occupation du sol de 192 à 2006	219
Figure 69 : Carte des eaux de surface du cercle de Banamba	229
Figure 70 : Évaporation sur les retenues d'eau au Mali	234
Figure 71 : Type d'élevage pratiqué dans le cercle de Banamba.....	239
Figure 72 : Évolution du type d'élevage	241
Figure 73 : Opinion des chefs d'UPA enquêtés sur l'évolution de la dégradation des aires de pâturage entre 1960 et 2009	249
Figure 74 : Évolution des stratégies d'alimentation du bétail.....	253
Figure 75 : la problématique du changement climatique au niveau local	255

Liste des encadrés

Encadré 1 : Les « sceptiques » du réchauffement climatique	34
Encadré 2 : Les communautés les plus vulnérables, selon le GIEC	44
Encadré 3 : définitions du concept d'adaptation et des concepts associés selon plusieurs disciplines.....	46
Encadré 4 : différence entre agriculture familiale et agriculture commerciale	60
Encadré 5: La dualité juridique sur le foncier en Afrique subsaharienne rurale.....	128
Encadré 6 : Typologies des nuages.	160
Encadré 7 : Typologies des lithométhores	182

ANNEXES